Голові разової спеціалізованої вченої ради Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій
доктору технічних наук, професору Замрій Ірині Вікторівні
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7

ВІДГУК

Офіційного опонента – доктора технічних наук, професора, професора кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки Факультету інформаційних технологій Державного торговельно-економічного університету **Хлапоніна Юрія Івановича** на дисертаційну роботу Семенова Олександра Віталійовича на тему «Метод побудови архітектури автоматизованого тестування на основі комбінованих парадигм та штучного інтелекту» подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Актуальність теми дисертації

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується інтенсивним впровадженням методів машинного навчання (МН) та глибоких нейромереж у прикладні системи. Зростання складності таких рішень зумовлює потребу в підвищенні ефективності процесів їх розробки, тестування та валідації. Традиційні підходи до інженерії програмного забезпечення (ПЗ) тут виявляються недостатніми, оскільки не враховують імовірнісну природу обчислень, ризики перенавчання, деградації моделей та вплив якості даних, що знижує надійність софту.

Перспективне використання великих мовних моделей (LLM) для генерації коду та тестів наразі обмежене їхньою чутливістю до структури запитів, фрагментарністю рішень і відсутністю гарантій семантичної коректності програм МН. Додатковим викликом є інтеграція різнорідних архітектур (згорткових нейромереж та мультимодальних LLM), що функціонують на різних принципах представлення знань, оскільки відсутність узгоджених підходів до їх поєднання призводить до семантичних розривів і накопичення помилок. Водночас вимоги щодо конфіденційності даних та автономності обмежують застосування хмарних сервісів і вимагають локального розгортання систем.

У зв'язку з цим постає актуальна науково-прикладна задача розробки інформаційної технології, яка забезпечує наскрізну інтеграцію процесів генерації, тестування та валідації ПЗ для задач машинного навчання і розпізнавання зображень на основі мультиагентних систем із використанням великих мовних моделей. Такий підхід дозволяє формалізувати конвеєр

розробки, підвищити якість та гарантувати надійність підсумкових програмних рішень.

Дисертаційна робота Семенова О.В. присвячена розв'язанню зазначеної науково-прикладної задачі.

Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень

Достовірність висунутих наукових положень, теоретичних висновків і запропонованих практичних рекомендацій ґрунтується на детальному вивченні й систематизації вагомого масиву базових та прикладних праць українських і закордонних учених, які працюють у сферах штучного інтелекту, системного аналізу, програмної інженерії та теорії багатоагентних систем. Опора на сучасний інформаційний базис наукових публікацій разом із виваженим вибором методологічного інструментарію підтверджує наукову спроможність та об'єктивність розроблених архітектурних рішень, моделей і методів, орієнтованих на автоматизацію керування життєвим циклом програмного забезпечення.

Для реалізації сформульованих у роботі дослідницьких завдань було задіяно поєднання загальнонаукових та емпіричних підходів, де концептуальний фундамент утворюють засади системного аналізу й декомпозиції складних систем, використані для проектування шестирівневої мультиагентної архітектури зі спеціалізованими функціональними шарами та єдиним об'єктом фіксації стану контексту; інструменти семантичного й структурно-логичного моделювання, що забезпечили формалізацію інформаційних потоків і наскрізну побуду конвеєра взаємодії агентів; принципи кібернетичного керування й теорії систем із зворотним зв'язком, на базі яких реалізовано замкнений цикл покрокової самокорекції синтезованого коду та багаторівневе динамічне тестування; а також підходи машинного навчання, технології трансферного навчання згорткових нейромереж і концепції побудови мультимодальних великих мовних моделей, що дозволили створити гібридні контури розпізнавання образів та подолати семантичний розрив під час обробки й класифікації візуальної інформації.

Аргументованість, наукова новизна та практична цінність отриманих авторами результатів, висновків і рекомендацій доводяться успішним проектуванням дієздатних програмних прототипів, здійсненням імітаційного моделювання для багаторівневих контурів валідації, а також репрезентативними експериментальними показниками. Результати випробувань процесів автономного виправлення програмних дефектів на початкових етапах розробки, моніторингу працездатності трирівневої структури верифікації та аналізу складних графічних даних підтвердили обчислювальну стабільність, відтворюваність одержаних рішень і високу ефективність розробленої інтелектуальної системи..

Оцінка новизни наукових результатів дисертаційного дослідження

У дисертаційній роботі одержані наступні нові наукові результати.

1) Вперше розроблено архітектурну модель шестишарової мультиагентної системи у вигляді впорядкованої сукупності

спеціалізованих функціональних рівнів та єдиного об'єкта стану контексту, в якій за рахунок декомпозиції складних інженерних завдань на множину підзадач (планування, генерація, тестування, інтерпретація тощо) та формалізації механізмів семантичного обміну даними між агентами, забезпечується реалізація наскрізного конвеєра побудови інтелектуальних моделей незалежно від конкретного типу обчислювального ядра, що дозволило мінімізувати втрату контекстуальної інформації на всіх етапах розробки та формалізувати вхідні й вихідні параметри взаємодії агентів для оптимізації процесів машинного навчання.

2) Набув подальшого розвитку метод багаторівневого динамічного тестування, в якому за рахунок структурної побудови механізму ітеративної самокорекції коду на основі замкненого циклу зворотного зв'язку між агентами-тестувальниками та генераторами, а також композиції параметрів семантичного аналізу помилок і стратегій автоматизованого перепитування (prompt-refinement), реалізовано алгоритм автономного усунення дефектів програмного забезпечення вже на першій ітерації циклу розробки, що дозволило забезпечити стабільність і відтворюваність обчислювальних процесів у недетермінованих середовищах інтелектуальних моделей.

3) Вперше запропоновано модель трирівневої системи автоматизованої верифікації, в якій за рахунок структурної побудови ієрархічних рівнів контролю та впровадження механізмів адаптивної корекції результатів через інтелектуальний зворотний зв'язок, а також композиції критеріїв оцінювання якості вхідних даних, верифікації програмного коду та валідації фінальних аналітичних рішень, реалізовано можливість послідовного моніторингу станів системи на кожному етапі обробки інформації, що дозволило довести коефіцієнт успішного виконання сценаріїв до максимально можливих значень навіть за умов низької ймовірності успіху на початкових ітераціях.

4) Вперше розроблено метод мультиагентної побудови гібридних систем розпізнавання зображень, в якому за рахунок інтеграції механізмів трансферного навчання згорткових нейронних мереж із семантичною фільтрацією на основі мультимодальних великих мовних моделей, а також композиції візуальних ознак об'єктів та їх когнітивних дескрипторів, реалізовано підхід до нівелювання семантичного розриву між ознаками нижнього рівня та їх високорівневою інтерпретацією, що дозволило мінімізувати виникнення інтелектуальних галюцинацій і каскадних помилок у процесах класифікації візуальних даних та визначити оптимальну структуру взаємодії агентів для підвищення точності

розпізнавання у складних умовах.

Практична цінність отриманих результатів

Практична цінність отриманих результатів полягає у впровадженні розробленого комплексу моделей, алгоритмів та інженерних інструментів, що забезпечують побудову багаторівневої мультиагентної архітектури автоматизованого створення програмного забезпечення та гібридної моделі розпізнавання образів у високонавантажених інтелектуальних системах. Інтеграція потенціалу згорткових нейромереж із механізмами семантичної фільтрації на основі мультимодальних моделей дозволяє виявляти дефекти архітектури на початкових стадіях проектування, прискорювати розробку, усувати логічні помилки в алгоритмах машинного навчання, а також долати семантичний розрив під час класифікації візуальної інформації. Це безпосередньо гарантує високу стабільність, експлуатаційну надійність та конфіденційність роботи складних програмних комплексів.

Висновок про практичну цінність результатів дисертаційної роботи О.В. Семенова підтверджується такими результатами:

1. Створено комплексний програмний інструментарій на основі шестишарової мультиагентної архітектури, який дозволяє автоматизувати до 80–90% процесів генерації тестових сценаріїв. Це забезпечує повний життєвий цикл розробки інтелектуальних систем і суттєво зменшує обсяг ручного проектування перевірочних структур.
2. Впроваджено методику ітеративної самокорекції коду та спеціалізовані стратегії формування запитів, що дозволяють автономно усувати до 75% технічних дефектів. Практичне застосування цих підходів скорочує час виведення програмних продуктів на ринок на 45–50% та знижує витрати на підтримку тестової інфраструктури на 60–70%.
3. Розроблено та апробовано прикладні методи побудови гібридних систем розпізнавання образів, які завдяки інтеграції згорткових нейронних мереж із мультимодальними моделями підвищують точність класифікації об'єктів у складних умовах на 12–15%. Технологія підтримує локальне розгортання, що гарантує конфіденційність даних і незалежність від сторонніх хмарних ресурсів.
4. Забезпечено впровадження результатів дослідження у практику діяльності софтверних компаній, що підтвердило ефективність запропонованих рішень для створення надійних і відтворюваних систем машинного навчання. Сформована методологія відповідає сучасним стандартам взаємодії розробки та експлуатації, підвищуючи безпеку та стабільність інтелектуального програмного забезпечення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана відповідно до положень Законів України "Про інформацію", "Про концепцію національної програми інформатизації", Доктрини інформаційної безпеки України, затвердженої Указом Президента України від 25.02.2017 р. № 47/2017; Стратегії національної безпеки України, затвердженої Указом Президента України від 14.09.2020 № 392/2020, та плану наукової та науково-технічної діяльності Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, а саме в рамках науково-дослідних робіт «Методика підвищення ефективності систем управління безпроводовими мережами на основі векторного синтезу» (Державний реєстраційний номер ОК 0226U000385) та «Методи побудови функціонально стійких захищених інформаційних систем з централізованим управлінням» (Державний реєстраційний номер РК 0125U002823).

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях

Одержані автором результати дисертаційної роботи опубліковано в 12 наукових працях. У їх склад входять 5 наукових статей у періодичних виданнях України включених до "Переліку наукових фахових видань України". За матеріалами виступів на науково-технічних конференціях опубліковано 7 тез доповідей.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення

Дисертаційна робота Семенова О.В. та анотація до неї мають закінчений змістовний обсяг наукової праці. Характеризуються логічним поданням наукового матеріалів і відповідають діючим вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії передбаченим чинним Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження

Аналіз змісту дисертаційної роботи, поданих в ній наукових та практичних результатів дисертаційного дослідження дозволи позитивно оцінити її зміст та визначити певні зауваження, що подані нижче:

1. У дисертаційній роботі під час обґрунтування шестишарової мультиагентної архітектури недостатньо висвітлено питання математичної оцінки надійності єдиного об'єкта стану контексту. Оскільки цей об'єкт є центральною ланкою семантичного обміну даними між усіма функціональними рівнями системи, його потенційне перевантаження або збій в умовах інтенсивного інформаційного потоку може призвести до каскадної деградації логіки взаємодії всіх агентів конвеєра.

2. Запропонований автором метод багаторівневого динамічного тестування та алгоритм автономного усунення дефектів коду на основі стратегій автоматизованого уточнення запитів потребує більш детального аналізу обчислювальної складності. В роботі недостатньо чітко окреслено критерії завершення замкненого циклу взаємодії між агентами-

тестувальниками та генераторами за умови, що виявлені програмні дефекти мають прихований або випадковий характер і не піддаються усуненню впродовж перших кількох ітерацій.

3. Експериментальна частина роботи виграла б, якби автор навів більш розгорнутий порівняльний аналіз запропонованого методу мультиагентної побудови гібридних систем розпізнавання із сучасними альтернативними підходами (наприклад, класичними конвеєрами на базі лише згорткових нейромереж або стандартними zero-shot методами великих мовних моделей). Це дозволило б більш наочно оцінити чистий приріст точності класифікації у складних умовах, отриманий саме за рахунок семантичної фільтрації.

Приведені зауваження не впливають на наукову цінність та новизну поданих в дисертаційній роботі Семенова Олександра Віталійовича результатів. Робота має важливе теоретичне і практичне значення.

Висновок

Дисертаційна робота Семенова О.В. є завершеною науковою працею, у якій отримано нові наукові результати, що мають теоретичне і практичне значення. У сукупності отримані результати становлять вагомий внесок у вирішення актуального науково-прикладного завдання, що полягає в розробці інформаційної технології інтеграції процесів генерації, тестування та валідації програмного забезпечення для задач машинного навчання та розпізнавання зображень на основі мультиагентних систем із використанням великих мовних моделей.

Дисертаційна робота Семенова О.В. на тему «Метод побудови архітектури автоматизованого тестування на основі комбінованих парадигм та штучного інтелекту» за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор – Семенов Олександр Віталійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:
професор кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-економічного університету
доктор технічних наук, професор Юрій ХЛАПОНІН

Підпис Ю. Хлапоніна засвідчую
Начальник відділу кадрів Н. Шевченко