

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, декана факультету інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» **Корнаги Ярослава Ігоровича** 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

Теперішній етап еволюції інформаційних технологій визначається масштабною інтеграцією алгоритмів машинного навчання та архітектур глибоких нейронних мереж у практичні програмні комплекси. Стрімке ускладнення подібних рішень викликає гостру потребу в оптимізації та підвищенні продуктивності процесів їх проектування, верифікації та оцінки відповідності. Класичні методології програмної інженерії в цих умовах демонструють низьку ефективність, оскільки вони не пристосовані до стохастичного характеру обчислень, загрози деградації або перенавчання моделей, а також до критичної залежності від якості вхідних вибірок, що зрештою нівелює стабільність створюваного продукту.

Попри значний потенціал залучення великих мовних моделей до автоматизованого синтезу вихідного коду й тестових сценаріїв, цей процес стримується високою залежністю результату від формулювання інструкцій, частими проявами фрагментарності коду та відсутністю інструментів контролю його змістовної коректності в межах задач штучного інтелекту. Окрему проблему становить поєднання гетерогенних структур — згорткових нейромереж та мультимодальних мовних моделей, — які використовують відмінні концепції представлення знань, що за відсутності уніфікованих правил координації породжує смислові розриви та накопичення системних похибок. Водночас суворі рамки безпеки, конфіденційності й вимоги до повної автономності функціонування унеможливають експлуатацію зовнішніх обчислювальних платформ і зумовлюють необхідність розгортання таких систем локально.

Зазначені чинники обумовлюють необхідність розв'язання важливої науково-практичної задачі, яку поставлено в дисертаційній роботі О.В. Семенова: створення інформаційної технології наскрізного об'єднання процесів автоматичної генерації, динамічного тестування й фінальної валідації програмного забезпечення для обробки зображень та машинного навчання на базі багатоагентних контурів із залученням великих мовних моделей. Впровадження цієї технології дає змогу суворо формалізувати життєвий цикл розробки, мінімізувати кількість дефектів і забезпечити гарантовану працездатність підсумкових програмних комплексів.

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-логічного 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) Дістав 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 роботі залишається недостатньо вирішеним питання координації пріоритетів у моделі трирівневої системи автоматизованої верифікації. Автор не зазначив, яким чином вирішуються конфлікти, коли підвищення одного показника (наприклад, покриття коду тестами) призводить до погіршення іншого (наприклад, ефективності обчислень) під час адаптивної корекції результатів.

2. У тексті дисертації не наведено чіткого математичного обґрунтування для композиції критеріїв оцінювання якості коду. Зокрема, автор не деталізує методологію вибору та розрахунку вагових коефіцієнтів, що знижує об'єктивність формалізованого оцінювання у запропонованій трирівневій моделі.

3. У дисертаційному дослідженні автор не проаналізував часові та обчислювальні витрати, зумовлені функціонуванням складної шестишарової мультиагентної архітектури. Брак теоретичного аналізу часової складності алгоритмів ускладнює оцінку реальної ефективності розробленої технології.

4. Автор не приділив уваги дослідженню накладних витрат, які виникають у процесі постійного семантичного обміну даними між агентами, однак інтенсивна міжагентна комунікація може стати вузьким місцем, що потребувало відповідного експериментального підтвердження.

5. У роботі бракує практичних результатів тестування її масштабованості під час експоненційного зростання обсягів вхідних даних або кількості одночасних запитів до верифікатора.

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

декан факультету інформатики та обчислювальної техніки

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОН України,

доктор технічних наук, професор

