

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Зарічкового Олександра Анатолійовича  
на тему «Методи та програмне забезпечення розмітки відеоданих для задач  
комп'ютерного зору»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність дисертаційного дослідження «Методи та програмне забезпечення розмітки відеоданих для задач комп'ютерного зору» визначається нагальною потребою у вдосконаленні процесів обробки даних у системах штучного інтелекту. Більше 80% часу у проєктах із розробки ШІ витрачається на підготовку даних, зокрема розмітку, що створює значні перешкоди для швидкого розвитку технологій у таких сферах, як автономне управління, робототехніка, відеоспостереження, медицина тощо.

Запропоновані в роботі методи автоматизації розмітки, зокрема дуальна архітектура програмного забезпечення, методи пріоритезації складних зразків та мультимодальні нейронні мережі, дозволяють досягти високої точності розмітки за менших витрат часу. Крім того, розроблені підходи забезпечують зменшення кількості помилок у розмічених даних, що є критичним для побудови надійних систем комп'ютерного зору.

Дисертаційна робота сприяє вирішенню ключових проблем сучасної індустрії ШІ, розширюючи можливості автоматизації процесів та забезпечуючи нові інструменти для інтеграції ШІ-рішень у широкий спектр прикладних завдань.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано дуальну архітектуру програмного забезпечення для автоматизованої розмітки даних, яка, за рахунок методу адаптивно-агрегованого навчання нейромережі, забезпечує пришвидшення процесу розмітки та, на відміну від існуючих аналогів, дає змогу ефективного застосування нульового та активного навчання нейромережі для розмітки даних та більш гнучкого використання програмного забезпечення для різноманітних задач комп'ютерного зору;



2. Вперше запропоновано метод пріоритезації складних зразків для навчання нейронної мережі, який, за рахунок відбору найскладніших зразків для навчання, підвищує якість набору даних без проведення попередньої розмітки відео, внаслідок чого збільшується точність детекції об'єктів на відео, та, на відміну від існуючих підходів, базується виключно на автоматично згенерованій репрезентації даних;
3. Вперше запропоновано ітеративний метод вибору ключових кадрів на довгих відео, що дає змогу визначати ключові кадри та сегменти відео з поступовим підвищенням точності, та, на відміну від існуючих методів, враховувати динамічно зміни контенту відео для вибору ключових кадрів, підвищуючи точність сегментації та зменшуючи обсяг відеоданих для обробки;
4. Вперше запропоновано метод агрегації знань між текстовою та візуальною частинами у візуально-мовній моделі (VLM) для обробки складних мультимодальних взаємодій, що забезпечує більш високу точність розпізнавання складних сцен на відео та їх опису у порівнянні з існуючими аналогами.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання підвищення швидкості розмітки відеоданих у контексті завдань детекції об'єктів виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Зарічкового О. А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Інженерія програмного забезпечення.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям інженерії програмного забезпечення.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Зарічкового Олександра Анатолійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Виявлені збіги пов'язані з власними науковими працями здобувача, які були раніше опубліковані для представлення основних результатів дисертації. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

**Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою.



Дисертація «Методи та програмне забезпечення розмітки відеоданих для задач комп'ютерного зору» написана чітко, послідовно і структуровано. Стиль викладення відповідає вимогам наукових текстів: використано точну термінологію, що сприяє ясності і доступності матеріалу.

Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 261 сторінок.

У вступі висвітлено актуальність теми, сформульовано мету і завдання, а також наведено стислий опис наукової новизни й практичного значення роботи.

У першому розділі розглянуто сучасні методи детекції об'єктів і програмні засоби для розмітки відеоданих. Проведено аналіз підходів, таких як Fast R-CNN, YOLO, і сформульовано постановку задачі дослідження.

Другий розділ присвячено методу пріоритезації складних зразків, що покращує якість набору даних та ефективність детекції об'єктів.

У третьому розділі запропоновано ітеративний метод вибору ключових кадрів на довгих відео, що оптимізує процес обробки даних і точність сегментації.

Четвертий розділ включає метод агрегації знань у мультимодальних моделях (VLM), який підвищує точність розпізнавання сцен та опису подій.

П'ятий розділ містить опис дуальної архітектури програмного забезпечення та огляд інструментів автоматизації розмітки, таких як CVAT та LabelBox.

Шостий розділ представляє експериментальні результати, які підтверджують ефективність розроблених методів і програмних засобів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 6 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

У наукових публікаціях здобувача якісно та на високому рівні висвітлені результати його дисертаційного дослідження. В усіх наукових публікаціях здобувача дотримано принципи академічної доброчесності, що виражається у відповідному цитуванні використаних джерел та відсутності будь-яких форм плагіату.



Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Робота не приділяє достатньої уваги аналізу впливу апаратних обмежень, таких як продуктивність центрального процесора, обсяг оперативної пам'яті або відеопам'яті, на ефективність та продуктивність розробленого програмного забезпечення. Недостатній розгляд цих аспектів ускладнює оцінку реальної придатності методів до застосування у різних обчислювальних середовищах, зокрема у випадках з обмеженими ресурсами.
2. У роботі не досліджено потенціал використання запропонованих методів у задачах, відмінних від детекції об'єктів, таких як класифікація чи сегментація відеоданих. Відсутність такого аналізу звужує перспективи застосування методів та не дозволяє зробити висновки про їхню універсальність і гнучкість у вирішенні різноманітних завдань комп'ютерного зору.
3. Розроблений метод пріоритезації вимагає перерахунку векторів репрезентації для всіх відео в наборі даних. Однак у роботі відсутній аналіз впливу цього процесу на продуктивність системи, зокрема на час її роботи у реальних умовах. Такий аналіз є критично важливим для оцінки придатності методу до застосування у практичних сценаріях, де оперативність обробки є ключовим фактором.
4. У дисертаційній роботі запропоновані автором методи не мають достатньої формалізації, що створює труднощі у їхній точній математичній інтерпретації та аналізі. Замість теоретичного обґрунтування коректності методів основний акцент зроблено на їхній експериментальній верифікації, яка, хоча і демонструє їхню практичну ефективність, не забезпечує всебічного підтвердження їхньої теоретичної узгодженості. Відсутність формалізованого підходу до побудови та аналізу методів обмежує можливість загального застосування результатів, а також ускладнює їхнє порівняння з альтернативними підходами, що базуються на строгій теоретичній основі.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.



### Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Зарічкового Олександра Анатолійовича на тему «Методи та програмне забезпечення розмітки відеоданих для задач комп'ютерного зору» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота 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», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Зарічковий Олександр Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

#### Офіційний опонент:

директор Інституту комп'ютерних наук  
та інформаційних технологій

Національного університету «Львівська політехніка»  
д.т.н., проф.

/  /

Наталія ШАХОВСЬКА

М.П.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 року

Підпис підтверджую:

Вчений секретар

Національного університету

«Львівська політехніка»

К.т.н., доц.



/  /

Роман БРИЛИНСЬКИЙ