

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Шульги Максима Володимировича  
на тему «Метод та програмні засоби мультимодального аналізу медичних даних  
на основі глибокого навчання»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

### **Актуальність теми дисертації.**

Останнім часом значний прогрес у технологіях програмного забезпечення започаткував інтеграцію методологій штучного інтелекту в різні сфери людської діяльності. У деяких сферах штучний інтелект становить серйозну конкуренцію спеціалістам, але в більшості випадків він стає надійним союзником у вирішенні складних завдань, зокрема в галузі медичної діагностики. Тонкощі медичних досліджень і виявлення конкретних важких захворювань зумовлюють необхідність розробки різних методів і технологій їх виявлення. Нагальна проблема полягає у своєчасному виявленні діабетичної ретинопатії за допомогою знімку сітківки, завдання, яке, якщо його успішно вирішити, може запобігти сліпоті у багатьох дорослих працездатного віку. Автоматизація діагностики цього захворювання має потенціал для зменшення ризику втрати зору, враховуючи доступність і поширеність профілактичних методів скринінгу. Використання мультимодального підходу до аналізу дозволяє об'єднувати різноманітні типи даних, що позитивно впливає на точність виявлення захворювання за допомогою розроблених моделей машинного навчання. Отже, дослідницькі зусилля, зосереджені на вдосконаленні методів і програмних засобів для мультимодального аналізу медичних даних, є актуальною науковою метою.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше розроблено метод мультимодального аналізу медичних даних на основі доповнення метаданих, який на відміну від існуючих рішень за рахунок використання додаткової модальності дозволяє підвищити точність визначення окремих класів для завдань багатокласової класифікації;
- набув подальшого розвитку спосіб універсального підвищення точності багатокласової класифікації завдяки використанню методу мультимодального аналізу для різних архітектур згорткової компоненти



нейронної мережі, що на відміну від існуючих рішень за рахунок використання додаткової модальності дозволяє підвищити точність визначення окремих класів в широкому діапазоні обчислювальних можливостей;

- вперше розроблено метод недетермінованого штучного доповнення метаданих, який на відміну від існуючих рішень за рахунок використання “витоку даних” на крайніх і подібних класах дозволяє підвищити точність визначення окремих інших класів;

- набув подальшого розвитку спосіб універсального підвищення точності багатокласової класифікації завдяки використанню методу недетермінованого штучного доповнення метаданих для різних стандартних і спеціалізованих медичних наборів даних, що на відміну від існуючих рішень за рахунок використання додаткової модальності дозволяє підвищити точність визначення окремих класів медичних зображень;

- вперше запропоновано математичний опис для оцінки підвищення точності багатокласової класифікації на різних стандартних і спеціалізованих медичних наборах даних, що на відміну від існуючих рішень за рахунок формального математичного опису дозволяє кількісно оцінити і якісно інтерпретувати вплив мультимодального доповнення метаданих на точність визначення окремих класів медичних зображень.

Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів забезпечується значною кількістю експериментальних досліджень, які провів автор в рамках написання роботи, методах, які були використані при проведенні досліджень, а також наукових працях, в яких висвітлені основні результати досліджень, що опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання 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 Шульги М.В. 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 12 Інформаційні технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Шульги Максима Володимировича є результатом самостійних



досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. В основному використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело, у той же час в тексті дисертації деякі використані рисунки інших авторів не мають посилання.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертаційної роботи викладено послідовно, в тексті роботи доступно описано проведені дослідження та отримані результати. Загалом автор дотримується загальноприйнятої термінології, що відповідає сфері дослідження, проте виявлені деякі недоліки у використанні англomовної термінології та загально відомих термінів, що детально описано нижче.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 155 сторінок.

У вступі обґрунтована актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, сформульовані мета та завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, наукова та практична новизна отриманих результатів, наведені відомості з апробації та публікації результатів дисертації.

У першому розділі розглянуто особливості використання глибокого навчання в медицині, проведено огляд поточного стану і викликів, наведено соціально-економічні особливості важких захворювань.

У другому розділі розглянуто способи та методи використання глибокого навчання для виявлення захворювань на прикладі діабетичної ретинопатії, проведено аналіз існуючих методологій виявлення захворювань.

У третьому розділі розглянуто проблему багатокласової класифікації для одноmodalьної (з введенням зображення) моделі та мультимodalьної (з введенням зображення та тексту) моделі та створено кілька варіантів вхідних значень і відповідних моделей на основі аналізу способів та методів використання глибокого навчання для виявлення захворювань на прикладі діабетичної ретинопатії і аналізу існуючих методологій виявлення захворювань; проведено дослідження доповнення метаданих для вирішення завдання багатокласової класифікації, проведено дослідження впливу складності мультимodalьної моделі на вирішення завдання багатокласової класифікації; проведено дослідження недетермінованого доповнення метаданих для вирішення завдання багатокласової класифікації; наведено теоретичні оцінки можливих рівнів покращення точності багатокласової класифікації за допомогою простого математичного опису з акцентом на деяких практичних випадках; запропоновано комплексний метод мультимodalьного аналізу медичних даних на основі глибокого навчання.



У четвертому розділі проведено аналіз результатів використання запропонованого комплексного методу мультимодального аналізу медичних даних.

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 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, з яких 1 стаття у виданні, віднесеному до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

В публікаціях здобувача не виявлено порушень академічної доброчесності. Вони містять основні наукові результати роботи, які описані всебічно і повно. Особистий внесок здобувача в публікації написані в співавторстві є вагомим.

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

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

Перш за все варто звернути увагу на використання автором термінів і понять, які стосуються безпосередньо теми роботи, оскільки це має важливе значення не лише в семантичному розумінні але й концептуально. Зокрема, можна виділити зауваження, що стосуються термінів, які є результатом перекладу автором англomовної термінології, яка не має загальноприйнятого українського відповідника та термінології, яка має загальноприйнятий відповідник українською мовою:

1. *Некоректний переклад англomовної термінології, яка не має загальноприйнятого українського відповідника.* У роботі використовуються терміни, переклад яких є невдалим або має різні варіанти інтерпретації (у цьому випадку варто обмежитися одним варіантом), зокрема:

- a. “bounding box” – у тексті “обмежувальна рамка” (доречніше “обмежувальний прямокутник”);
- b. “transfer learning” – у тексті перенесене навчання”, “передавальне навчання” (має бути “техніка перенесення знань”);
- c. “feature map” – у тексті “карта функцій” (має бути “карта ознак”);
- d. “overfitting” - у тексті “надмірна підгонка” (має бути “перенавчання”);



- e. “mini-batch” та “batch” - у тексті “міні-партія” та “партія” (доречнішим буде “міні-пакет” та “пакет”);
- f. “ground truth” – у тексті “правдивість землі” (це абсолютно не коректно, доречніше буде “істинна відповідь”, “правильна відповідь” або “істинна мітка”);
- g. non-maximum suppression algorithm” – у тексті “немаксимальний алгоритм придушення” (доречніше використовувати загальноновживану аббревіатуру “NMS” із доданням її до списку скорочень та термінів);
- h. “box regression” - у тексті “коробкова регресія” (має бути “регресія координат обмежувального прямокутника”.

В цілому, рекомендується використовувати загальноприйняті в українській мові аналоги англomовних термінів, а не намагатися перекладати їх.

## **2. Некоректний переклад англomовних термінів, що мають загальноприйнятий відповідник українською мовою:**

- a. “supervised learning” – у тексті “контрольоване навчання” (має бути “навчання з учителем”);
- b. “unsupervised learning” – у тексті – переклад англійського – “unsupervised learning” – у тексті “неконтрольоване навчання” (має бути “навчання без учителя”);
- c. “semi-supervised learning” – у тексті “слабо контрольоване навчання” (має бути “навчання з частково наявним учителем”);
- d. у тексті “конвергенція” (доречніше вживати “збіжність”);
- e. у тексті “комп’ютерне бачення” (має бути “комп’ютерний зір”);
- f. у тексті “частина для навчання” (має бути “тренувальний набір даних” або “тренувальний датасет”).
- g. В цілому, теж рекомендується використовувати загальноприйняті відповідники англomовних термінів в українській мові, що стосуються теми дисертації.

3. *В тексті роботи часто некоректно використовуються деякі відомі терміни:* “нижньовимірний вектор”, “мінімізація метрики” (правильно – “мінімізація втрати” або “мінімізація функції втрат”), “вузол” (правильно – “нейрон”), “головки” (правильно “передбачувальні голови” або “голови, що генерують передбачення”), “мінімальні втрати перевірки”, “магістральна нейронна мережа”, “пропозиція регіонів” (правильно – “генерація регіонів-кандидатів”), тощо. Варто намагатися використовувати терміни коректно згідно норм української мови та врахування академічних стандартів.

4. *Також у тексті дисертації використовуються ілюстрації з уже існуючих джерел, але посилання на них відсутні:* Рис. 1.1, рис. 1.3, рис. 1.5.



5. **Зауваження щодо структури та послідовності викладення матеріалу.** Зокрема, у розділі 3 зазначаються якісні характеристики (“краще”/“гірше”, тощо) без представлення кількісних характеристик (метрик, значень функції втрат, тощо), що ускладнює сприйняття матеріалу через необхідність пошуку відповідної інформації в наступному (четвертому) розділі для побудови цілісного контексту.

Інформація щодо метрики AUC, яка є основною в роботі, без початкового уточнення того, для якого типу кривої – Precision-Recall чи ROC – вона рахується, уточнюється лише в розділі 4.

**6. Зауваження щодо отриманих результатів роботи:**

- a. На мою думку, мотивація для використання LSTM шару у мультимодальних системах при використанні спрощеного формату представлення думки пацієнта та експерта є не достатньо обґрунтованою. В поданій роботі, додатковий вхід є фіксованим, таким чином доречно використати лінійний тип шару для зазначених цілей або скористатися доступними методами обробки природної мови такими, як трансформери або інші передтреновані моделі для кращого обґрунтування вказаного у роботі твердження, а саме: позитивного впливу додання експертної думки і/або відгуку пацієнта, представленого у текстовій формі на певній класифікації;
- b. Існує проблема витіку даних на рівні дизайну ознак. Хоча в роботі зазначено, що витік даних є і в “деяких ситуаціях він корисний”, проте вказані ситуації не були чітко описані і не було представлено результатів досліджень його впливу на якість роботи моделі. Це важливо, оскільки витік завищує якість роботи моделі, впливає на процес її навчання, потенційно адаптуючи її саме до ознак отриманих від експерта/пацієнта, при цьому можливе повне або часткове ігнорування ознак, отриманих із зображення. В результаті, якість роботи впровадженої моделі для діагностики реальних пацієнтів може бути нижчою, ніж під час її тренування.

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 Шульги Максима Володимировича на тему «Метод та програмні засоби мультимодального аналізу медичних даних на основі глибокого навчання» виконана на відповідному науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних

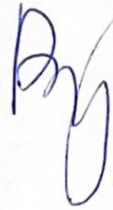


та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку 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 Шульга Максим Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

**Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри  
математичної інформатики  
Київського національного  
університету імені Тараса  
Шевченка, д.ф.-м.н., проф.



Василь ТЕРЕЩЕНКО

М.П.



27 січня 2024 року