

## РЕЦЕНЗІЯ

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.**

Застосування інформаційних технологій у різних сферах нашого життя має тенденцію до стрімкого зростання. Зокрема, актуальним є використання елементів машинного навчання у медицині. Причиною цього стало накопичення великих наборів даних, які дозволяють застосувати сучасні підходи до їх аналізу і таким чином покращити результати лікування захворювань. Дана дисертаційна робота реалізує теоретичну та практичну підтримку цього актуального напрямку. Вона полягає у застосуванні результатів навчання глибоких нейронних мереж до діагностики діабетичної ретинопатії. Дане захворювання призводить до погіршення зору у випадку несвочасного його виявлення. Тому дуже важливо проводити діагностику не тільки хворих з вираженими ознаками захворювання, але й профілактичну діагностику для виявлення захворювання на ранніх стадіях. Проведені дослідження у рамках даної дисертаційної роботи дозволяють автоматизувати основні етапи діагностування даної хвороби і відповідно збільшити кількість профілактичних обстежень без істотного зростання кількості медичного персоналу та підвищення його кваліфікації.

### **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 наукових результатів забезпечується великою кількістю проведених автором експериментальних досліджень, які представлені обчислювальними експериментами з використанням сучасного програмного забезпечення та обладнання. Наведені у роботі наукові положення, висновки та практичні рекомендації повністю обґрунтовані, базуються на фактичних даних, які представлені у дисертаційній роботі та у супутніх публікаціях в табличному та графічному вигляді.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського згідно затвердженого плану наукової роботи кафедри, що враховує розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. № 1556-р про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, під керівництвом професора кафедри обчислювальної техніки, д.ф.-м.н., с.н.с Гордієнка Юрія Григоровича. Запропоновані в дисертації методи використані у науково-дослідних проектах:

- “Knowledge At the Tip of Your fingers: Clinical Knowledge for Humanity” (КАТУ), № 101017453, який фінансується в рамках програми Horizon 2020 Європейської Унії;

- “Розробка гібридних моделей штучного інтелекту для аналізу мультимодальних медичних даних”, № K-I-144, який фінансується Міністерством освіти і науки України.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання підвищення точності багатокласової класифікації захворювань глибокими нейронними



мережами, шляхом розробки методу мультимодального аналізу медичних даних 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 співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Шульги Максима Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

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

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертаційної роботи повністю відповідає вимогам щодо грамотності та стилю викладення результатів. Можна відзначити послідовність та доступність представлення основних положень дисертаційної роботи. Автор роботи при викладенні матеріалу дотримується сучасної загальноприйнятої у даній сфері науки термінології.

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 одноmodalної (з введенням зображення) моделі та мультимодальної (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 мультимодальної 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 мультимодального 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.

Усі публікації здобувача мають високий науковий рівень, в них достатньо повно та всебічно описані головні наукові здобутки, що представлені у 3 та 4 розділах дисертації. Особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих у співавторстві та зарахованих за темою дисертації, є вагомим. В усіх публікаціях дотримуються принципи академічної доброчесності.

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



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

1. Для аналізу автор застосовував тільки загальновідомі набори даних. Отриманні результати були б більш вагомими за умови використання даних, накопичених у вітчизняних медичних закладах.

2. В рамках мультимодального аналізу автор застосовував достатньо спрощені текстові дані. Для підвищення точності аналізу текстових даних доцільно було б застосувати такі сервіси, як ChatPDF, GhatGPT, PerplexityAI та ін., передбачені «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського».

3. Для аналізу даних автор використовував два види модальності. Враховуючи той факт, що автор в дисертаційній роботі детально описав об'єктивні характеристики досліджуваного захворювання, додання додаткової модальності у вигляді попередньо сформованого вектора ознак дозволило б підвищити точність діагностики.

4. В роботі застосовано традиційний підхід до аналізу даних на основі бібліотек TensorFlow+Keras. Для підвищення достовірності отриманих результатів доцільно було б порівняти реалізації запропонованого методу при використанні бібліотеки PyTorch або інших широко відомих бібліотек.

5. Основні пункти наукової новизни обгрунтовані як такі, що підвищують точність отриманих результатів. Але в дисертаційній роботі наведено тільки загальний відсоток підвищення точності. Бажано було б визначити підвищення точності завдяки кожному з пунктів новизни для обгрунтування доцільності їх застосування.

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 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 Шульга Максим Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

**Рецензент:**

Професор кафедри обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського, д.т.н., с.н.с.



Михайло НОВОТАРСЬКИЙ



10 січня 2024 року

