

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Басараба Марка Романовича

на тему «АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ СІТКІВКИ ОКА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ  
ДІАБЕТИЧНОЇ РЕТИНОПАТІЇ»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка

### Актуальність теми дисертації

Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена необхідністю удосконалення методів діагностики діабетичної ретинопатії шляхом застосування сучасних підходів глибокого навчання. Сьогодні аналіз медичних зображень відіграє ключову роль у ранньому виявленні патологій, однак існуючі методи часто мають обмежену точність, залежать від суб'єктивної оцінки лікаря та потребують значних ресурсів для обробки даних. Використання адаптивних моделей глибокого навчання дозволяє значно підвищити ефективність аналізу зображень сітківки, автоматизувати процес виявлення патологічних змін і забезпечити оцінку стану пацієнта.

Незважаючи на значний прогрес у цій галузі, залишається ряд невирішених питань, зокрема щодо підвищення точності розпізнавання початкових стадій діабетичної ретинопатії, зменшення залежності алгоритмів від якості вхідних даних та узагальненості моделей на різних вибірках. У дисертаційній роботі запропоновано підхід, що включає багаторівневу обробку даних, поєднання локальних і глобальних ознак, а також навчання метамоделі для оптимізації процесу класифікації. Такий підхід сприяє покращенню діагностики, що підтверджує актуальність проведених досліджень. Саме тому тему та зміст дисертаційної роботи слід вважати актуальними.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному.

Набув подальшого розвитку метод аналізу цифрових зображень сітківки ока в оптико-електронній біомедичній офтальмоскопічній системі для виявлення діабетичної ретинопатії та визначення її стадії, що ґрунтується на комбінованому підході. Запропонований підхід складається з перетворення аналізованого цифрового зображення за допомогою методів фільтрації й підвищення контрастності зображення, аналізу сегментованих судинних структур і ексудатів, а також гібридного поєднання ознак зі згорткових нейронних мереж та локальних метрик, отриманих з зображення сітківки ока пацієнта, що дозволяє виділити на цифрових зображеннях судинну мережу та мікроаневризми, діагностично важливі ексудати та крововиливи на ранній стадії захворювання.

Науковим внеском роботи є запропонована математична модель оцінювання стану сітківки, яка охоплює низку діагностичних показників: геометричні характеристики судин, яскравість зображення оптичного диска, а також текстурні ознаки ексудатів. Такий підхід дозволяє підвищити точність розмежування між нормою та патологією в зображеннях очного дна.

Також введено нові діагностичні критерії - ризик-показник та показник структурної нерегулярності судинної мережі, які дають змогу кількісно оцінити перехідні стани між нормою та патологією, що особливо важливо для ранньої діагностики.

Крім того, розроблено метамодель нейронної мережі для розпізнавання стадій діабетичної ретинопатії. Вона поєднує інформативні ознаки судинної мережі з високорівневими дескрипторами, отриманими з глибокої згорткової нейронної мережі, що дозволяє виявляти патологічні зміни, характерні для різних етапів розвитку захворювання.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі електронної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках навчання в аспірантурі під керівництвом наукового керівника к.т.н., доцента Іванько К.О.

Отже, в дисертаційній роботі наукове завдання вдосконалення інформаційно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронних біомедичних офтальмоскопічних систем для виявлення діабетичної ретинопатії та визначення стадії розвитку хвороби вирішене повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача *Басараба М. Р.* повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 153 – *Мікро- та наносистемна техніка* та напряду досліджень відповідно до освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям біомедичної електроніки, а точніше, застосування методів машинного навчання в оптико-електронних біомедичних офтальмоскопічних системах.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота *Басараба М. Р.* є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, 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. Стиль мовлення є чіткий, коректний, зрозумілий і відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації 169 сторінок.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано наукову і практичну значущість проблеми вдосконалення методів аналізу офтальмологічних зображень для діагностики діабетичної ретинопатії. Сформульовано мету дослідження, поставлені основні завдання, визначено об'єкт та предмет дослідження, описано використані методи, наведено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Також висвітлено особистий внесок здобувача, публікації за темою роботи та апробацію результатів на наукових конференціях.

У першому розділі розглянуто існуючі проблеми та виклики, що виникають при діагностиці діабетичної ретинопатії, а також сучасні методи офтальмологічних досліджень цієї хвороби. Проведено аналіз відомих підходів до обробки медичних зображень, включаючи їх попередню фільтрацію, сегментацію структур сітківки та застосування алгоритмів машинного навчання.

У другому розділі представлено методи обробки та аналізу судинної структури сітківки ока, які застосовуються в дослідженні. Описано принципи обчислення кількісних характеристик текстурних ознак, що використовуються для класифікації стадій діабетичної ретинопатії.

У третьому розділі висвітлено адаптацію архітектур нейронних мереж до завдання виявлення діабетичної ретинопатії. Описано алгоритми машинного навчання, використані бібліотеки та програмні інструменти, що застосовувалися в рамках дослідження.

У четвертому розділі наведено характеристики вибірки зображень сітківки ока, використаної для навчання моделей. Розглянуто підходи до балансування вибірки, а також стратегії розширення бази даних зображень. Представлено результати тестування та порівняльний аналіз ефективності різних моделей глибокого навчання для діагностики діабетичної ретинопатії.

У п'ятому розділі описано розроблене програмне забезпечення для автоматизованої діагностики, його архітектуру та особливості реалізації.

Представлено можливості інтеграції розробленої системи в клінічну практику та оцінку її ефективності.

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 наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; з яких 1 стаття у періодичному науковому виданні, що проіндексоване у базі даних Web of Science.

Також результати дисертації були апробовані на 2 міжнародних наукових фахових конференціях, матеріали однієї з яких опубліковані у вигляді статті у виданні, яке індексується Scopus.

Наукові публікації автора відповідають вимогам, що висуваються до наукових публікацій; матеріали викладено чітко й послідовно; відображають основні положення дисертаційної роботи. Авторський внесок до цих публікацій, зазначений у дисертаційній роботі, є значимим.

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

#### Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Недостатньо детально описано, яким чином виділяється границя ока для подальшого розрахунку довжини судин.
2. Не зрозуміло, якими саме є зазначені в роботі 2057 ознак. Можливо, було б доцільно додати текстовий чи математичний опис, наприклад, у додатках.
3. У роботі не наведено детальний початковий розподіл кількості зображень за стадіями хвороби. Було б доцільно більш детально охарактеризувати зображення, наприклад за якістю, їх розміром, віком пацієнтів та дослідити як це впливає на результати навчання.



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

#### Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії *Басараба Марка Романовича* на тему «Аналіз зображень сітківки ока для діагностики діабетичної ретинопатії» 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 *Автоматизація та приладобудування*. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою повнотою 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 *Басараб Марко Романович* заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка.

#### Рецензент:

Доцент кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського», к.т.н., доцент



« 10 » 06