

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.

Для коректного прийняття фахівцем клінічних рішень щодо тієї чи іншої патології, зокрема за медичними зображеннями, необхідна розробка та широке впровадження у практичну медицину об'єктивних методів аналізу даних. Під об'єктивними методами в даному випадку розуміється напів- та повністю автоматизовані комп'ютеризовані системи, які, ґрунтуючись на математичному аналізі даних, визначають кількісні показники, що характеризують фізіологічні та патофізіологічні процеси, захворювання в цілому. Такий підхід дозволяє не тільки оцінювати поточний стан пацієнта, але й охарактеризувати динаміку патологічного процесу при моніторингових дослідженнях. Розробці саме таких комп'ютеризованих діагностичних систем присвячена дисертаційна робота, що рецензується: розглядаються методи аналізу цифрових зображень сітківки ока з метою діагностики діабетичної ретинопатії. Необхідно зазначити, що, незважаючи на суттєві світові досягнення в діагностиці діабетичної ретинопатії, загальні проблеми діагностики залишаються невирішеними і вимагають підвищення точності розпізнавання образів, наукових досліджень щодо пошуку інших кількісних критеріїв та алгоритмів аналізу зображень. 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.

Аналіз офтальмологічних зображень і розпізнавання образів медичної патології є багатопараметричним, суттєво залежить не тільки від безпосередніх методів обробки, а і від алгоритмічних підходів – послідовності дій. Не виключенням є і нейронні мережі для аналізу та класифікації зображень очного дна. Крім того досить швидкий розвиток різних архітектур нейронних мереж, що з'явилися у вільному доступі для фахівців-науковців, не були перевірені на ефективність їх застосування до прикладних медичних задач офтальмології, зокрема діагностики діабетичної ретинопатії. В науково-практичному полі не в повній мірі вирішені також задачі діагностики діабетичної ретинопатії за сукупністю кількісних характеристик текстурних патернів зображень, зокрема судин сітківки ока. Тобто існує достатньо високий рівень дискусій, які кількісні ознаки/характеристики за зображеннями є найбільш інформативними для виявлення патології і визначення її стадії. Автор дисертаційної роботи ретельно оцінив інформативність застосування множини різних нейронних мереж і інших методів машинного навчання й виділив найбільш ефективні і перспективні для вирішення прикладної медичної задачі. Автору роботи також вдалось оцінити інформативність та значимість цілого спектру кількісних критеріїв розрахункових текстурних ознак діабетичної ретинопатії. Об'єднання методів машинного навчання з кількісними значеннями текстурних ознак (що подаються на вхід системи розпізнавання образів як незалежні змінні) надало можливість суттєво підвищити точність виявлення діабетичної ретинопатії та визначення її стадії. Це безперечно обумовлює наукову новизну дисертаційної роботи.

Положення, що зазначені в науковій новизні дисертаційної роботи *Басараба М. Р.*, безпосередньо відображають основні результати досліджень і їх можна вважати обґрунтованими.

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

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання вдосконалення інформаційно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронних біомедичних офтальмоскопічних систем для виявлення діабетичної ретинопатії та визначення стадії 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 *Басараба М. Р.* повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 153 – *Мікро- та наносистемна техніка* та напряму 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 до оптико-електронних біомедичних офтальмоскопічних систем.

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, 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. 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* зазначається суть наукових та прикладних проблем, щодо необхідності вдосконалення інформаційно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронних біомедичних офтальмоскопічних систем для виявлення діабетичної ретинопатії та визначення стадії розвитку хвороби. З цього логічно випливають мета та задачі дисертаційної роботи. Приведені об'єкт та предмет дослідження, методи дослідження, наукова новизна та практичне значення роботи, особистий внесок здобувача у його друкованих працях, апробація результатів дослідження на конференціях.

У *першому* розділі на достатньому рівні розкрито відомі положення й проблеми, які виникають під час діагностики діабетичної ретинопатії, наведено основні методи клінічних досліджень цієї патології; наведено відомі підходи попередньої обробки та фільтрації офтальмологічних зображень, методи сегментації структур сітківки ока; здобутки інших авторів, що досягнуті на основі застосування машинного навчання в контексті задач, що вирішуються в дисертаційній роботі. Останньому приділено найбільшу увагу за обсягом. Наведені теоретичні положення більш детально обумовлюють задачі дисертаційної роботи та окреслюють підходи до досягнення мети.

У *другому* розділі наведено методи обробки зображень судинної структури сітківки ока, які безпосередньо застосовуються автором для аналізу зображень, наведено принципи розрахунку кількісних характеристик текстур зображень, що об'єднуються автором як «Система параметрів для розпізнавання стадії діабетичної ретинопатії на зображеннях дна ока»; оцінена їх інформативність (за автором – важливість); наведена методика розрахунку узагальнюючого ризик показника.

У *третьому* розділі розкривається адаптація архітектур нейронних мереж до задачі виявлення діабетичної ретинопатії, приведено основні програмні бібліотеки, що безпосередньо використовувались автором під час досліджень.

У *четвертому* розділі зазначається і описується набір даних зображень сітківки ока для навчання моделей нейронних мереж; підходи до штучного вирівнювання розподілу зображень за групами і, водночас, збільшення бази

даних; приведено результати машинного навчання множини різних нейронних мереж, щодо діагностики діабетичної ретинопатії.

У п'ятому розділі приведено опис прикладного програмного забезпечення і його особливості для діагностики діабетичної ретинопатії, що було розроблено автором.

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, що індексується Scopus.

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

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У розділі 2 не наведено параметри медіального та гаусівського фільтрів і як зміна їх величин впливає на подальшу обробку зображень та їх класифікацію взагалі.

2. Було б доцільно більш детально розкрити архітектуру програмного забезпечення та інтерфейс користувача (на рівні вікон). Частина цих даних можна було б привести у додатках.

3. Не проведено детальний аналіз помилкових чи неточних результатів прийняття рішень системою. Було б доцільно навести відповідні зображення чи хоча б найбільш типові у додатках. Який перелік артефактів найбільш критичний? Це б дало б змогу більш чітко окреслити вимоги до початкових даних.

4. Під час аналізу медичних зображень і розрахунку тих чи інших показників на достатньо великих вибірках завжди виникають неоднозначності, щодо можливості чи коректності кількісної їх величини. В цих випадках лікарі-діагности досить часто замінюють ці величини на якісні характеристики чи взагалі не вказують їх. Тому доцільно було б провести додаткові дослідження, як відсутність того чи іншого значення у векторі ознак впливає на результати розпізнавання образів.

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 *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 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 *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., с.н.с.



[Signature]
«11» вересня 2025 року

