

ВІДГУК

офіційного опонента

Авруніна Олега Григоровича

на дисертаційну роботу

Басараба Марко Романовича

за темою «АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ СІТКІВКИ ОКА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ
ДІАБЕТИЧНОЇ РЕТИНОПАТІЇ»,

що представлена на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладної проблеми розробки методів та моделей глибокого навчання для аналізу цифрових зображень сітківки ока з метою діагностики діабетичної ретинопатії (ДР), що дозволяє підвищити точність класифікації стадії розвитку захворювання, а саме: відсутність діабетичної ретинопатії, легка стадія діабетичної ретинопатії, помірна стадія діабетичної ретинопатії, важка стадія діабетичної ретинопатії та проліферативна стадія діабетичної ретинопатії, та прийняття лікарем-офтальмологом діагностичних рішень.

Низка критичних питань у діагностиці даної патології все ще залишається відкритою. Зокрема, потребує покращення точність автоматизованого розпізнавання патологій очного дна, а також подальшого вивчення потребують нові кількісні діагностичні індикатори стану кровоносних судин очного дна та алгоритмічні підходи до аналізу медичних зображень. Враховуючи ці виклики, тематика дослідження є безсумнівно доцільною та актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Розробка комбінованого методу аналізу цифрових зображень очного дна, що дозволяє інтегрувати класичні підходи, методи підвищення контрастності, алгоритми сегментації судин та ексудатів із сучасними інструментами глибокого навчання. Запропоновано метамодель, що поєднує ознаки, отримані з глибокої згорткової мережі, з локальними текстурними й морфологічними параметрами, що забезпечує підвищення чутливості до ранніх ознак патологічного процесу.

Здобувачем запропоновано додаткові діагностичні критерії, а саме комплексний ризик-показник та показник структурної нерегулярності судин для оцінювання станів діабетичної ретинопатії на межі норми й патології. Ці критерії дозволяють кількісно визначати ступінь прогресування ретинопатії та завчасно виявляти зміну судинних характеристик, відсутніх або ледь помітних при традиційному візуальному аналізі.

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 *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 розвиток наукового напряму біомедичної електроніки, зокрема в галузі 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, 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 окреслено як наукові, так і прикладні аспекти проблеми, пов'язані з необхідністю удосконалення інформаційно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронних біомедичних офтальмоскопічних систем для автоматизованого виявлення діабетичної ретинопатії та визначення її стадій. Зміст вступу логічно підводить до формулювання мети дослідження, поставлених задач, об'єкта й предмета дослідження. Також у вступі представлено перелік використаних методів, обґрунтовано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, окреслено особистий внесок здобувача в опублікованих роботах, а також вказано на апробацію результатів на наукових конференціях.

Перший розділ присвячено аналізу стану проблеми діагностики діабетичної ретинопатії. У ньому висвітлено ключові клінічні методики дослідження, труднощі, пов'язані з візуальною оцінкою змін сітківки ока, а також методи попередньої обробки зображень, фільтрації, сегментації структур очного дна. Значну увагу приділено огляду сучасних підходів машинного навчання, що вже застосовуються у сфері автоматизованої діагностики. Узагальнення теоретичних положень у цьому розділі забезпечує обґрунтоване

формулювання задач дослідження й визначення загального підходу до реалізації поставленої мети.

У другому розділі розглянуто методи обробки зображень очного дна, спрямовані на виділення судинної структури сітківки. Подано принципи обчислення кількісних текстурних характеристик, що в подальшому сформували запропоновану здобувачем “систему параметрів для розпізнавання стадії діабетичної ретинопатії за зображеннями очного дна”. Надано аналіз інформативності окремих ознак, а також викладено методику формування комплексного ризик-показника.

Третій розділ зосереджено на адаптації архітектури глибокої нейронної мережі до завдання розпізнавання діабетичної ретинопатії.

У четвертому розділі описано вибірку офтальмологічних зображень, яку застосовано для навчання та тестування моделі.

П’ятий розділ присвячено реалізації програмного забезпечення, яке розроблено на основі результатів дисертаційного дослідження. Надано опис його функціональних особливостей, інтерфейсу взаємодії та можливостей для використання в клінічній практиці.

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 наукометричній 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 проіндексовано 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 значимим.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі було б доцільно більш детально проаналізувати «теплові карти» прийняття рішень нейронною мережею. Чи надають вони в явному вигляді нові знання про прояви патології, що досліджується.
2. Чи завжди можливо коректно розрахувати запропоновані текстурні параметри, що утворюють вектор ознак? І як їх відсутність може вплинути на результати?
3. У роботі не достатньо глибоко розкрита участь українських вчених та наукових шкіл у вирішенні проблеми діагностики діабетичної ретинопатії.
4. Доцільно, з практичної точки зору, було б розглянути питання впливу просторового розрізнення та інших параметрів сенсору для отримання зображень сітківки ока на достовірність сегментація анатомічних структур та визначення їх морфологічних характеристик.
5. Частина загальних висновків не має характеру рекомендації, а лише констатує виконану роботу.

Вважаю, що висловлені зауваження 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.

Офіційний опонент:

зав. кафедри біомедичної інженерії
Харківського національного
університету радіоелектроніки
МОН України, д.т.н., професор




Олег АВРУНІН

М.П.

«04» червня 2025 року

Підпис Олега АВРУНІНА засвідчую

Учений секретар



Ірина ЖАРИКОВА