

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Ярошенка Максима Олександровича
на тему «Модифікований нейромережний метод рейтрейсингової
аберометрії ока»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

Вдосконалення рейтрейсингового методу аберометрії є актуальним напрямом досліджень, оскільки цей підхід має значний потенціал для підвищення точності, швидкості та прецизійності вимірювань. Стрімкий розвиток штучного інтелекту, зокрема вдосконалення алгоритмів машинного навчання, у поєднанні з доступністю інструментів розробки (онлайн-платформи на кшталт Google Colaboratory та Kaggle) і спеціалізованих апаратних засобів (графічні процесори, тензорні обчислювальні блоки тощо), сприяє інтеграції нейромережних методів у широкий спектр технологій. Це відкриває перспективу створення ефективніших апаратно-програмних рішень у медицині, включно з офтальмологічною діагностикою.

Дисертаційна робота спрямована на реалізацію відкритих можливостей, які надає штучний інтелект, для розробки інноваційних методів діагностики аберацій, що в перспективі покращить якість життя людей з порушеннями зору. Інтеграція сучасних алгоритмів у діагностичне обладнання може забезпечити точніші вимірювання, персоналізовані корекційні рішення та більш доступні технології, що сприятиме розвитку офтальмології та біомедичної інженерії.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- 1) Рейтрейсинговий метод аберометрії ока вдосконалено завдяки інтеграції нейронних мереж, які застосовуються на різних етапах аналізу оптичних викривлень. Розроблене рішення покращує точність діагностики, оптимізує роботу оптичної системи та пришвидшує процес вимірювань. Окрім того, новий підхід дозволяє прогнозувати складні аберації, спираючись на дані про нижчі порядки викривлень.
- 2) Створено метод для генерації аберометричних даних у форматі векторів коефіцієнтів Церніке, який дозволяє синтезувати вибірки, близькі за

розподілом до реальних, але без прямого дублювання та самоповторень. Це забезпечує різноманітність даних, що покращує точність моделювання та дозволяє досліджувати складніші варіації аберацій, не обмежуючись наявним експериментальним набором.

- 3) Запропоновано технологічне вдосконалення рейтрейсингової аберометрії, що реалізує одночасне сканування кількох точок зіниці за допомогою матриці лазерних випромінювачів. Завдяки цьому вдалося зменшити невизначеність у вимірюваннях, що сприяє підвищенню точності.

Точність та коректність отриманих результатів було оцінено через численні симуляції у спеціалізованих програмних комплексах, включаючи MATLAB, Zemax, Kaggle та ін. Використання цих середовищ дозволило здійснити глибокий аналіз функціональності запропонованих вдосконалень та підтвердити їхню працездатність. Проведені моделювання забезпечили всебічну перевірку теоретичних напрацювань, продемонструвавши їхню життєздатність та потенціал для практичного застосування.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі конструювання електронно-обчислювальної апаратури КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР «Модифікований нейромережний метод рейтрейсингової аберометрії ока» (РК №0124U005087) під керівництвом доцента кафедри КЕОА, к.т.н., доцента Яганова Петра Олексійовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання вдосконалення рейтрейсингового методу аберометрії засобами машинного навчання, зокрема штучними нейронними мережами, задля підвищення точності вимірювань, 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 Ярошенка М.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Телекомунікації та радіотехніка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Інформаційні та комунікаційні технології».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ярошенка Максима Олександровича 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.

Дисертація демонструє високий рівень структурованості та логічної побудови, що забезпечує зрозумілість і цілісність викладеного матеріалу. Використання чіткої, загальноприйнятої наукової термінології сприяє точному формулюванню ключових положень та аргументів. Дослідження ґрунтується на сучасних принципах академічного письма, що дозволяє детально розкрити предмет аналізу та представити результати у вигляді послідовного, добре організованого наукового тексту, який легко сприймається спеціалістами відповідної галузі.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 151 сторінку.

У вступі визначено актуальність дослідження, його зв'язок із науковими програмами, планами та темами НДР КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також ключові завдання для досягнення мети. Описано об'єкт, предмет та методи дослідження, а також наукову новизну й практичну значущість отриманих результатів. Наведено інформацію про їх публікацію у фахових виданнях і представлення на конференціях.

Перший розділ містить інформацію про оптичну систему ока та аналіз рейтрейсингового методу аберометрії, його можливостей та обмежень. Огляд літератури дозволив окреслити перспективи вдосконалення методу та сформулювати завдання щодо його модифікації із застосуванням нейронних мереж.

Другий розділ описує генерацію аберометричних даних у форматі векторів коефіцієнтів Церніке із використанням генеративно-змагальної штучної нейронної мережі. Через обмежену навчальну вибірку особливу увагу приділено методам аугментації та покращенню процесу навчання нейронної мережі. Наведено комплексну оцінку якості згенерованих даних за декількома метриками.

Третій розділ присвячений удосконаленню рейтрейсингового методу для одночасного сканування кількох точок зіниці за допомогою масиву лазерних випромінювачів з метою підвищення прецизійності вимірювань. Корекція зіставлення координат відбитків та сканувальних променів здійснена через нейромережевий підхід та уточнення угорським алгоритмом.

Четвертий розділ містить опис оптичної системи для нейромережної модифікації методу, алгоритм первинної обробки та попередньої оцінки аберацій. Наведено механізми уточнення результатів на основі навчання з

підкріпленням та симуляції у спеціалізованому програмному забезпеченні Zemax та MATLAB. Шляхом проведення симуляцій оцінено підвищення точності вимірювань.

П'ятий розділ розглядає застосування нейронних мереж для надроздільної здатності (Super-Resolution) хвильових фронтів. Розроблено згорткову модель для прогнозування коефіцієнтів Церніке вищих порядків, проведено її навчання та оцінку точност.

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; 0 статей у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 0 статей у виданнях, віднесених до першого — третього кuartилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 0 патентів на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосуються наукових результатів дисертації; 0 патентів України на корисну модель; 0 одноосібних монографій, що рекомендовані до друку Вченою радою КПП ім. Ігоря Сікорського та пройшли рецензування.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Опубліковані матеріали відображають основні результати дисертації, дотримуючись принципів академічної доброчесності. Проведено ґрунтовний аналіз даних, підтверджено наукову значущість дослідження на високому рівні. У співавторських роботах внесок здобувача є вагомим та визначальним для дослідження.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Враховуючи практичну спрямованість роботи, варто було б розширити перевірку працездатності та оцінку характеристик запропонованої модифікації клінічними випробуваннями.

2. Деталізація опису будови ока в першому розділі є надмірною в контексті дисертаційної роботи.

3. Доцільно було б навести вимоги до обчислювального апаратного забезпечення, необхідного для імплементації запропонованих вдосконалень,

оскільки штучні нейронні мережі загалом потребують продуктивних платформ для своєї роботи.

4. Корисно було б розширити порівняння методів навчання DQN та PPO в контексті доцільності уточнення оцінки аберацій.

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 Ярошенка Максима Олександровича на тему «Модифікований нейромережний метод рейтресингової аберометрії ока» 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 Електроніка та телекомунікації. 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 Ярошенко Максим Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент:

Доцент кафедри
акустичних та мультимедійних
електронних систем
КПІ ім. Ігоря Сікорського
к.т.н., доцент



« 18 » червня 2025 року

