

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.

Актуальність теми безсумнівна та полягає в необхідності вдосконалення методів аберометрії для підвищення точності діагностики оптичних властивостей ока. Застосування штучних нейронних мереж у медичних діагностичних системах, особливо в офтальмології, є перспективним напрямком. Запропонована робота спрямована на усунення суттєвих недоліків рейтрейсингового методу, таких як обмеження точності, прецизійності та часу сканування, що напряду впливає на якість зору пацієнтів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у багаторівневому застосуванні штучних нейронних мереж для вдосконалення рейтрейсингової аберометрії ока: від генерації даних (GAN), моделювання процесів (у середовищі Zemax), класифікації сигнатур відбитків (LSTM), до визначення коефіцієнтів Церніке вищих порядків (згорткові мережі, super-resolution). Розроблені моделі пройшли навчання в середовищах Kaggle, MATLAB та Google Colab, що підтверджує їхню працездатність. Достовірність забезпечена проведенням численних симуляцій та аналізом точності за метриками, зокрема SMAPE та Jaccard.

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 співпадіння, 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.

Робота написана послідовно, з дотриманням наукового стилю, загальноприйнятої термінології та вимог академічного письма. Виклад є доступним, логічним і структурованим.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг – 151 сторінка.

У вступі висвітлено основні положення, які визначають зміст і наукову спрямованість дослідження.

У першому розділі проаналізовано основи аберометрії, описано будову оптичної системи ока, види аберацій та методи їх вимірювання. Особлива увага приділена рейтрейсинговому методу, його технічним обмеженням і потенціалу для вдосконалення. Визначено проблеми точності, тривалості вимірювань та нестачі навчальних вибірок для машинного навчання. Запропоновано напрямки для подальшої модифікації методу із застосуванням нейронних мереж.

У другому розділі розглянуто метод генерації синтетичних аберометричних даних за допомогою генеративно-змагальної нейронної мережі (GAN). Описано структуру мережі, методи аугментації даних та обґрунтовано необхідність такого підходу через обмеженість реальних вибірок. Проведено навчання GAN і представлено оцінки її ефективності за метриками творчості, спадковості та різноманіття. Результати засвідчили придатність згенерованих даних для подальшого використання в моделюванні.

У третьому розділі запропоновано вдосконалення рейтрейсингового методу шляхом одночасного використання масиву лазерних випромінювачів замість послідовного сканування. Розроблено класифікаційну нейронну мережу для встановлення відповідностей між сканувальними променями та відбитками на сітківці. Використано архітектуру з довгою короткочасною пам'яттю (LSTM) та угорський алгоритм. Отримані результати свідчать про підвищення прецизійності та зменшення довірчого інтервалу.

У четвертому розділі описано нову оптичну систему та алгоритми первинної обробки вимірювань для реалізації модифікованого методу. Запропоновано архітектури нейронних мереж для оцінки коефіцієнтів Церніке та уточнення результатів за допомогою агентів з навчанням з підкріпленням (DQN та PPO). Проведено симуляції та навчання агентів у створеному середовищі. Оцінено точність методу і розглянуто можливості його адаптації для практичного використання.

У п'ятому розділі розроблено згорткову нейронну мережу для прогнозування коефіцієнтів Церніке вищих порядків на основі нижчих. Запропоновано метод надроздільної здатності зображень викривлень хвильового фронту, сформованих із зображень хмарного неба. Навчання мережі продемонструвало високу точність прогнозування. Такий підхід дозволяє покращити якість даних при обмеженій кількості сканувань, що важливо для реального застосування.

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.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача написані на високому науковому рівні з дотриманням принципів академічної доброчесності. У публікаціях, виконаних зі співавторами, здобувач зробив значний особистий внесок.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Моделювання процесу вимірювання в реальному середовищі, як і повноцінна клінічна перевірка, не охоплені у повному обсязі.
2. Обмеження, пов'язані з обсягами навчальних вибірок, лише частково компенсовані генерацією даних, тому в роботі доцільно було б оцінити межі узагальненості моделей.
3. Деякі методи (наприклад, reinforcement learning) потребують ширшого порівняльного аналізу з іншими підходами корекції.

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.

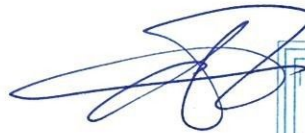
Висновок про дисертаційну роботу.

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 електроніки та телекомунікацій. 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 17 Електроніка та телекомунікації, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент:

доцент кафедри електронної
інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського,
к.т.н., доцент



« ____ » _____ 20 ____ року