

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Ярошенка Максима Олександровича
на тему «Модифікований нейромережний метод рейтресингової аберометрії
ока»,
що представлена на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

Аберації – викривлення оптичного шляху світла – можуть спричиняти такі проблеми, як розмитість контурів, гало, подвоєння зображення ті інші спотворення, що знижує комфорт та зорову гостроту. Це може впливати на продуктивність у професійній діяльності, створювати труднощі під час водіння автомобіля, а також ускладнювати повсякденну взаємодію з навколишнім світом. Саме тому дослідження методів діагностики та корекції аберацій загалом залишається актуальним для сучасної офтальмології.

Сучасні офтальмологічні діагностичні системи потребують підвищеної точності (ассигасу), оскільки некоректно підібрані параметри лазерної корекції або оптичних лінз можуть не лише не усунути проблему, а й погіршити зорове сприйняття. Одним з найкращих є метод рейтресингової аберометрії, який має в основі покрокове сканування ока лазерним променем. Такий послідовний підхід надає перевагу у збільшеному діапазоні вимірюваних аберацій порівняно з іншими методами аберометрії. Однак, через це, реалізація методу стикається зі складнощами, як-от необхідність у скануванні великої кількості зіничних координат за обмежений проміжок часу. Спроби задовільнити ці технічні вимоги та обмеження можуть призводити до зниження точності та прецизійності. Додатково постає потреба у використанні більш вартісного обладнання для оптичної системи рейтресингових аберометрів.

З огляду на складність реалізації рейтрейсингового методу та його потребу у швидкому обладнанні, впровадження нейромережових підходів є перспективним шляхом до підвищення ефективності діагностики. Використання штучних нейронних мереж в аберометрії відкриває нові можливості для підвищення точності діагностики. Зокрема, нейромережові методи можуть оптимізувати процес аналізу хвильового фронту, скоротити час вимірювання, а також компенсувати можливі похибки традиційних оптичних систем.

Таким чином, актуальність цього дослідження полягає в удосконаленні технологій аберометрії через поєднання рейтресингового методу з нейронними мережами, що забезпечить швидшу, точнішу та доступнішу діагностику.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- 1) Набув подальшого розвитку рейтрейсинговий метод аберометрії ока шляхом модифікації із застосуванням нейронних мереж на різних етапах функціонування методу: перше наближення визначення характеристик аберацій, уточнення результату та оцінка аберацій вищих порядків. Запропонована модифікація дозволяє підвищити точність, знизити вимоги до оптичної системи, необхідної для реалізації приладу, пришвидшити процес вимірювання шляхом одночасного сканування, а також надає можливість прогнозувати значення коефіцієнтів Церніке високих порядків на основі коефіцієнтів аберацій нижчих порядків.
- 2) Набуло подальшого розвитку генерування аберометричних даних у вигляді векторів коефіцієнтів Церніке, що досягнуто розробкою в рамках роботи генеративно-змагальної нейронної мережі. Розроблений метод придатний до синтеза даних, що мають розподіл, схожий з навчаючою вибіркою, і які одночасно не є копією реальних примірників та примірники яких є різноманітними.
- 3) Запропоновано модифікацію рейтрейсингового методу аберометрії для одночасного сканування декількох зіничних координат із застосуванням масиву лазерних випромінювачів. Результатом застосування модифікації є зменшення довірчого інтервалу, що позитивно впливає на прецизійність.

Підтвердженням достовірності та обґрунтованості результатів дисертації є перевірка працездатності розроблених рішень симуляціями в різних програмних середовищах: MATLAB, Google Colaboratory, Zemax та Kaggle із використанням бібліотек функцій, що стали де-факто стандартом індустрії: TensorFlow, SciPy та ін.

Отже, 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 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.

Текст дисертації характеризується смисловою завершеністю, доступністю викладення, є цілісним та логічною послідовним. В дисертації дотримано сучасного наукового стилю, що склався в технічних науках та, в основному, термінології, яка є прийнятою у науковому напрямку, до якого відноситься дисертація.

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

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, висвітлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами НДР КПП ім. Ігоря Сікорського. Сформульовано мету та вказані задачі, вирішення яких передбачає досягнення мети дослідження. Визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, надано інформацію про наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про висвітлення результатів роботи в періодичних наукових виданнях та їх апробацію на наукових конференціях.

Перший розділ присвячений аналізу рейтрейсингового методу аберометрії ока, його переваг та обмежень. Огляд літературних джерел виявив перспективи його вдосконалення, а також потенційні проблеми, що можуть виникнути в процесі дослідження. Визначено ключові завдання, спрямовані на розробку модифікованого нейромережного методу аберометрії.

Другий розділ описує розробку методу генерації офтальмологічних аберометричних даних у вигляді наборів коефіцієнтів Церніке за допомогою

генеративно-змагальної нейронної мережі. З огляду на обмежену навчальну вибірку (50 наборів) особливу увагу приділено пошуку спеціалізованих методів аугментації даних для покращення процесу навчання. Для оцінки працездатності моделі створено архітектуру генеративно-змагальної нейронної мережі та проведено її навчання, а отримані результати проаналізовано за метриками творчості, спадковості та різноманіття.

Третій розділ описує модифікацію рейтрейсингового методу абераметрії для одночасного сканування кількох точок зіниці за допомогою масиву випромінювачів. Проблему некоректного зіставлення координат відбитків та променів вирішено через класифікаційну нейронну мережу та угорський алгоритм. Використано шари довгої короткочасної пам'яті (LSTM), проведено навчання мережі та наведено оцінку результатів. Враховуючи виявлені обмеження, обґрунтовано необхідність альтернативного підходу з іншою оптичною системою.

Четвертий розділ описує оптичну систему для реалізації нейромережної модифікації рейтрейсингового методу, алгоритм первинної обробки даних та розрахунків першого наближення аберацій за допомогою нейронної мережі. Представлено агент та середовище навчання з підкріпленням для уточнення результатів. Описано симуляцію у спеціалізованому програмному забезпеченні, що включає алгоритм аналізу форми світлових плям на детекторах. Проведено навчання нейронних мереж та наведено його результати.

П'ятий розділ описує метод на основі застосування штучної нейронної мережі для надроздільної здатності хвильових фронтів. Розроблено згорткову нейронну мережу для прогнозування вищих порядків коефіцієнтів Церніке на основі нижчих, проведено її навчання та оцінено результати. Вибірка сформована з зображень хмарного неба, фрагменти яких нормалізовано та перетворено на зображення хвильових фронтів для розрахунку коефіцієнтів Церніке, що використовуються у навчанні нейронної мережі.

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.

В наукових публікаціях результати дисертаційних досліджень викладено повно, з дотриманням принципів академічної доброчесності. Для публікацій у співавторстві внесок здобувача є вагомим.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Наукову новизну доцільно було викласти з зазначенням модифікацій відомих методів та їх удосконалення. А також чітко визначити внесок сформульованих пунктів в розвиток теоретичних положень та уявлень.

2. Доцільно було б сформулювати практичні рекомендації, які були б доцільні при проведенні методу практикуючими лікарями-клініцистами.

3. В роботі наведено багато рутинних положень та технічних деталей щодо нейромережевої обробки даних, але наведено відносно замало ілюстрацій, які свідчать про підвищення достовірності методу аберометрії.

4. Не наведено порівняння результатів з існуючими методами аберометрії та їх реалізаціями.

5. Висновки мають відносно небагато рекомендацій для подальшого розвитку запропонованого підходу, а лише констатують результати вже виконаної роботи.

6. Робота сучасна, але результати її не опубліковані у наукових виданнях, які індексуються у відомих наукометричних базах, таких як Scopus та WoS.

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.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри
біомедичної інженерії
Харківського національного
університету радіоелектроніки
д.т.н., професор



Олег АВРУНІН

М.П. «09» 06 2025 року

Підпис Олега АВРУНІНА засвідчую

Учений секретар



Ірина ЖАРІКОВА