

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Бондарєва Дениса Володимировича

на тему «**Удосконалення методу калібрування біомедичного фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

Актуальність теми дисертації.

Зростання інтересу до фотометричних методів у біомедичних дослідженнях, особливо для оцінки патологічних станів біологічних тканин за допомогою дослідження їх оптичних властивостей, сприяло використанню еліпсоїдальних рефлекторів у конструкції фотометрів. Їх перевагою є отримання просторового розподілу світла у пропущеному та відбитому світлі. Однак, така система не має можливості проводити прямі виміри оптичних коефіцієнтів, що необхідні для визначення оптичних властивостей. Для цього використовують метод калібрування, що має ряд недоліків, основні з них: рутинність процесу та велика часозатратність. Економія часу особливо важлива при медичних дослідженнях. Удосконалення методу калібрування фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами дозволяє усунути зазначені недоліки.

Удосконалення методу калібрування та розробка інформаційної системи можуть значно поліпшити точність та ефективність цих фотометрів, що сприятиме подальшому розвитку біомедичної фотометрії та збільшенню кількості досліджень у цьому напрямку.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Після ретельного аналізу дисертації можна відмітити, що представлені в ній наукові тези, узагальнення та пропозиції є достатніми, об'ємними та достатньо обґрунтованими. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується аргументованою постановкою мети й задач дослідження, повнотою формулювання умов, в яких вони розв'язуються та необхідними припущеннями і обмеженнями щодо застосування результатів, використанням сучасного математичного апарату та програмного забезпечення.

Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасних методів фото- та спектрофотометрії для вимірювання оптичних коефіцієнтів оптичних середовищ; методів аналізу зображень на ПЗЗ структурах; регресійного аналізу експериментальних даних та засобів об'єктно-орієнтованого програмування при розробці спеціалізованого програмного забезпечення.

Результати теоретичних досліджень перевірені шляхом комп'ютерного моделювання та практичними експериментами з реальними медичними даними.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується використанням зразкових спектрофотометрів (LAMBDA 1050, Shimadzu UV-3600 Plus). Обґрунтованість наукових результатів підтверджено даними експериментальних досліджень і їх порівнянням з розрахунковими за допомогою MS Excel для регресійного аналізу. Перевірка отриманих результатів оптичних коефіцієнтів біологічних тканин при використанні запропонованого методу полягала в порівнянні з результатами інших наукових робіт, що показала їх подібність.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1. За допомогою створеної інформаційної бази оптичних характеристик стандартних зразків удосконалено метод калібрування біомедичного фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами, що дозволяє визначати оптичні коефіцієнти повного пропускання та дифузного відбиття біологічних тканин.

2. Розроблено аналітичну модель функціонування інформаційної системи біомедичної фотометрії на базі встановленої залежності між інтегральною освітленістю фотометричних зображень при фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами зразків та стандартних зразків різної товщини та оптичними коефіцієнтами.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практичні результати, які отримано в дослідженні, дозволили: 1. Розробити алгоритм та програмне забезпечення для аналізу параметрів фотометричних зображень, що дозволяє визначати коефіцієнти повного пропускання та дифузного відбиття зразків біологічних тканин різної товщини з використанням інформаційної системи біомедичного фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами.

Дисертаційна робота пов'язана з науково-дослідними роботами приладобудівного факультету Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», а саме 2315-П, 0120U102145 «Двоканальні оптико-електронні системи виявлення та розпізнавання об'єктів», 2020-2023 рр.

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 Бондарєва Д.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Структура дисертації Бондарєва Д.В. цілком відповідає логіці й послідовності рішення поставлених задач. Дисертаційна робота складається із анотації двома мовами, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначені об'єкт, предмет, методи та засоби дослідження, поставлені мета та завдання дослідження, сформульовані наукова новизна та практична цінність.

У першому розділі розглянуті результати літературного огляду, що охоплює такі питання, як аналіз оптичних властивостей біологічних тканин (БТ) та сучасних біомедичних фотометрів. Розглянуто процеси взаємодії світла з біологічними тканинами та закони та вирази, що їх описують. Зазначено особливості поширення світла в середовищах та методи їх моделювання, зокрема метод Монте-Карло. Визначено значущі оптичні властивості біологічних тканин, а саме коефіцієнт поглинання μ_a , коефіцієнт розсіювання μ_s , фактор анізотропії g та показник заломлення n . Розглянуто принципи зворотного методу Монте-Карло для визначення оптичних властивостей за допомогою оптичних коефіцієнтів дифузного відбиття R_d , повного T_t , та колімованого T_s , пропускання. Розглянуто одно- та двопроменеві спектрофотометри і фотометри. Визначено принципи та типові схеми вимірювання оптичних коефіцієнтів за допомогою інтегруючих сфер та гоніометрів. Також розглянуто особливості конструювання фотометрів з еліпсоїдальними рефлекторами (ЕР) та визначено будову рефлектора, яку найбільш доцільно використовувати при біомедичних дослідженнях. Визначено засади формування фотометричних зображень та методи калібрування даних з

метою отримання значень оптичних коефіцієнтів. На основі проведеного огляду сформульовано мету та завдання дослідження.

У другому розділі проаналізовано особливості інверсного методу Монте-Карло при фотометрії біологічних тканин еліпсоїдальними рефлекторами, що дозволило сформулювати алгоритм розглянутого методу. На підставі етапів реалізації існуючого методу калібрування фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами запропоновані структурні схеми проведення еталонних вимірювань для визначення повного, колімованого, дифузного пропускання, а також дифузного відбиття. Описаний процес отримання фотометричних зображень після попереднього калібрування фотометру з 4 еліпсоїдальними рефлекторами дозволив виявити шляхи вдосконалення існуючого методу.

Також розглянуто принципи обробки фотометричних зображень, що полягають у розподілі області інтересу на три складові (два кільця та коло), кожна з яких характеризує різнонаправлене світлорозсіювання при проходженні та відбитті через зразок (стандартний зразок або біологічну тканину).

Третій розділ присвячений програмно-апаратній реалізації удосконаленого методу калібрування фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами. На основі аналізу фізичних, хімічних та оптичних властивостей обґрунтовано вибір твердих полімерних матеріалів, таких як поліетилен (СЗ-ПЕ), полімер тетрафторетилен (СЗ-Ф), полівінілхлорид (СЗ-ПВХ) та поліетилентерефталат (складова СЗ-ПЛ) у якості стандартних зразків для калібрування фотометру з ЕР. Проведено дослідження стандартних зразків за допомогою зразкових фотометрів (LAMBDA 1050 та Shimadzu UV-3600 Plus з ISR-1503 Optical System). Наведені схеми та особливості проведення еталонних вимірювань, результатом яких є спектральні залежності коефіцієнтів колімованого та повного пропускання, а також дифузного відбиття для обраних стандартних зразків різної товщини. Представлений інтерфейс програмного забезпечення та особливості введення вхідних даних, якими є: тип дослідження, стандартній зразок, бітність фотометричного зображення, товщина зразка БТ, падаюча потужність, кількість активних пікселів та сумарна інтенсивність. У пункті «Дослідження оптичні властивості світлорозсіювальних еталонів» представлені приклади фотометричних зображень стандартних зразків та аналіз їх освітленості у відбитому та пропущеному світлі. Було здійснено порівняння отриманих результатів з дослідженнями інших авторів, що підтвердило доцільність використання запропонованого методу калібрування.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Інформаційно-вимірювальна техніка.

Академічна доброчесність. Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Бондарєва Дениса Володимировича 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.

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 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 стаття у виданні, віднесених до першого квартилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

Усі публікації здобувача мають високий науковий рівень. У жодній з публікацій не порушено принципи академічної доброчесності. Особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих зі співавторами та зарахованих за темою дисертації, є вагомим; до більшості - переважним.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Розглядаючи перший пункт наукової новизни в контексті ходу роботи та її результати, раціональність вдосконалення методу калібрування залишається нерозкритою, спираючись на те, що існуючий метод й без удосконалення дозволяє визначати оптичні коефіцієнти повного пропускання та дифузного відбиття біологічних тканин.

2. У п.п. 3.2 говориться про те, що Shimadzu UV-3600 Plus не виконує автоматичний розрахунок результатів, а їх треба корегувати відповідно до калібрувальної кривої (нульова лінія), проте в роботі наведені тільки фінальні

результати, та не вказуються попередні значення, що необхідні для розрахунку за формулою (3.1) та не вказано, що є еталоном побудови нульової лінії.

3. Залежність оптичних коефіцієнтів у роботі була описана за допомогою функцій, отриманих в ході регресійного аналізу, для яких було визначено величину достовірності апроксимації та виконано перевірку адекватності залежностей за критерієм Фішера, утім, в роботі не наведені результати розрахунку довірчого інтервалу, що показав би наскільки можна покладатися на отримані дані та яка відмінність результатів являється статистично значимою.

4. У роботі: не вказано метод фіксації, що був використаний здобувачем в підготовці біологічних зразків; не зазначено як змінні параметри товщини зразків були приведені до однієї сталої величини; не описано особливості дослідження представлених біологічних зразків за допомогою фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами.

5. У теоретичній частині розглядається така особливість як квантова ефективність датчика, однак, при виборі компонентів фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами не вказується значення квантової ефективності обраної ПЗЗ-матриці.

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 **Бондарєва Дениса Володимировича** на тему **«Удосконалення методу калібрування біомедичного фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами»** 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 15 – 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 Бондарєв Денис Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Офіційний опонент:

Професор кафедри
біомедичної інженерії та
оптико-електронних систем
Вінницького національного
технічного університету
Відмінник освіти України,
д.т.н., проф.,



Сергій ПАВЛОВ

« 13 » квітня 2024 р.

Вчений секретар



Інна Віштак