

ВІДГУК

офіційного опонента
доктора фізико-математичних наук, професора,
завідувача кафедри електрофізики
факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Савенкова Сергія Миколайовича
на дисертаційну роботу
Салеги Олександра Вікторовича
«Поляризаційна корелометрія фазово-неоднорідних об'єктних полів
полікристалічних плівок біологічних рідин
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 «Природничі науки»
за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»

Актуальність теми виконаної роботи

Сучасні дослідження в поляризаційній оптиці знаходять застосування у багатьох напрямках, таких як біомедична діагностика, матеріалознавство та дефектоскопія, дистанційне зондування атмосфери.

У дисертаційному дослідженні узагальнено сукупність «одноточкових» та «двоточкових» методів поляризаційної діагностики, наведено їх порівняльну характеристику.

Запропонований метод поляризаційної корелометрії дозволяє описувати не просто окремі точки тканини, а кореляційні зв'язки між ними, що критично важливо для діагностики складних об'єктів, наприклад фібрилярних мережі протеїнів. Такий підхід дозволяє підвищити точність поляризаційного картографування, крім того у роботі показано, що за допомогою алгоритмічної реконструкції мап поляризаційно-кореляційного вектора Стокса можна відтворювати зображення досліджуваного зразка у різних фазових площинах.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Розроблено теоретичну модель поляризаційно-кореляційного «двоточкового» Стокс-параметричного опису об'єктних полів. На відміну від традиційних «одноточкових» методів, цей підхід дозволяє враховувати просторово-кореляційну узгодженість лазерного випромінювання, що пройшло крізь анізотропні структури.

Вперше встановлено сукупність азимутально-інваріантних параметрів (статистичних моментів 1-4-го порядків), що характеризують топографічні розподіли модуля та аргумента 4-го параметра «двоточкового» вектора Стокса. Виявлено, що статистичні моменти вищих порядків (асиметрія та ексцес) є більш чутливими маркерами структурних змін у тканинах, ніж середнє значення та дисперсія.

Удосконалено методику диференціальної діагностики патологічних станів (на прикладі пухлин простати) шляхом впровадження масштабно-селективного вейвлет-аналізу та мультифрактальної обробки поляризаційних мап. Вперше показано, що аналіз скелетону ліній екстремумів вейвлет-коефіцієнтів та парціальних фрактальних розмірностей забезпечує відмінний рівень точності (97%) у диференціації аденоми та аденокарциноми.

Встановлено сценарії зміни статистичних та фрактальних параметрів залежно від кроку фазового сканування, що відкриває можливості для тримірного моніторингу морфологічної структури тканин.

проведено порівняльний аналіз ефективності запропонованого поляризаційно-кореляційного підходу з традиційними методами матричної поляриметрії (матриці Мюллера та Джонса), що довело перевагу «двоточкових» параметрів у виявленні мінімальних фазових та орієнтаційних змін анізотропної мережі протеїнових фібрил.

Виявлені взаємозалежності між статистичними та масштабно-селективними показниками поляризаційно-кореляційних мап і станом тканин передміхурової залози дали змогу, використовуючи вейвлет-аналіз, досягти високої точності у розмежуванні доброякісної аденоми та злоякісної аденокарциноми. Застосування мультифрактального аналізу експериментальних результатів сприяло подальшому підвищенню збалансованої точності діагностики пухлин простати до відмінного рівня (97%).

Обґрунтованість та достовірність одержаних результатів

Представлені результати характеризуються логічною послідовністю та повною відповідністю визначеній меті й завданням дисертації.

Основні положення чітко викладені в розділах роботи та одержали належне обґрунтування як аналітично, так і чисельними розрахунками. Результати наглядно відображені у вигляді алгоритмічно відтворених поляризаційно-кореляційних мап, гістограм та таблиць.

Автор опрацював значний обсяг сучасної наукової літератури, включаючи публікації в міжнародних рецензованих журналах і наукові монографії, що дозволило йому ґрунтовно сформувати теоретичну базу дослідження.

Достовірність результатів забезпечено застосуванням перевірених і фізично обґрунтованих теоретичних підходів. У роботі застосовується статистичний, вейвлет та мультифрактальний аналіз. Поєднання різних підходів до аналізу підвищує надійність отриманих висновків і свідчить про високу якість проведеного дослідження.

Апробація матеріалів дисертації

Результати дисертаційного дослідження доповідалися на двох конференціях, а саме “Sixteenth International Conference on Correlation Optics” та “Seventeenth International Conference on Correlation Optics”. Основні результати дослідження викладені в 13 статтях у закордонних фахових виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus, з яких 4 належать до квартилю Q2 та одна до квартилю Q3. Публікації і автореферат об'єктивно відображають зміст дисертації.

Апробація результатів є достатньою та повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація має загальний обсяг 211 сторінок комп'ютерного тексту, з них 157 сторінок основного тексту. Структурно робота складається з анотації двома мовами, списку публікацій автора, переліку умовних позначень, вступу, шести розділів з підрозділами, узагальнення та аналізу результатів дослідження, висновків, списку використаних джерел (налічує 166 пунктів), та двох додатків. Стиль написання є науковим, чітким, виваженим та доступним для фахового сприйняття. Дисертаційна робота відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами згідно з наказом № 759 від 31 травня 2019 року).

Оцінка змісту дисертації.

У **Вступі** обґрунтовано актуальність теми Дисертації, вказано її зв'язок з науковими програмами, планами та темами, сформульовано мету

і завдання роботи, висвітлено її наукове та практичне значення, наведено інформацію про публікації й особистий внесок здобувача, апробацію результатів роботи, її структуру й обсяг.

У **першому розділі** присвячено огляду літератури. В ньому згадано основні значимі дослідження в області поляризаційної зображальної оптики, дано характеристику традиційним поляризаційним методикам, та побудовано теоретичну базу «двоточкових» поляризаційних методів.

У **другому розділі** присвячено опису матеріалів і методів що застосовуються в дисертаційному дослідженні, зокрема наведено оптичну схему експерименту, основні рівняння які використовуються у цифровій реконструкції поляризаційно-кореляційних мап, наведено методологію обчислення діагностичних маркерів.

У **третьому розділі** детально та структуровано описується процес цифрової реконструкції поляризаційно-кореляційних мап.

У **четвертому розділі** наведено результати поляризаційно-інтерференційного пошарового картографування мап четвертого параметру поляризаційно-кореляційного вектора мікроскопічних зображень дегідратованих плівок біологічних тканин з різною архітектонікою оптично анізотропної полікристалічної складової.

У **п'ятому розділі** наведено результати масштабно селективного вейвлет і мультифрактального аналізу поляризаційно-кореляційних мап препаратів дерми шкіри та селезінки.

У **шостому розділі** продемонстровано діагностичні можливості поляризаційної корелометрії мультифрактальної структури полікристалічної складової доброякісних і злоякісних пухлин. У результаті максимальна збалансована точність диференціальної мультифрактальної діагностики досягає максимального відмінного рівня (97.2 - 100%).

Текст дисертації логічно структурований, кожен розділ у достатньому обсязі розкриває положення дослідження та супроводжується належними ілюстративними матеріалами.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. З тексту дисертаційної роботи недостатньо чітко впливає аргументація основних фізичних переваг запропонованого двоточкового Стокс-кореляційного підходу у порівнянні з відомими методами Стокс-параметричного картографування розсіяних полів лазерного випромінювання.
2. У роботі представлено результати картографування лише четвертого параметра поляризаційно-кореляційного вектору Стокса, для повноти картини варто було додати мапи решти трьох параметрів, і в порівнянні аргументувати вибір саме четвертого параметра, як базису для синтезу діагностичних критеріїв. Також було б цікаво навести результати картографування для деполяризації, принаймні для циркулярного випадку.
3. Застосування мультифрактального аналізу чітко обґрунтовується та пояснюється самоподібністю будови біологічних зразків. В той же час аргументація вибору вейвлет аналізу викладена доволі стисло, при цьому недостатньо обґрунтованим залишається питання вибору масштабу скануючої полязаційно-кореляційної МНАТ функції;
4. Найбільш чутливими маркерами розподілів полязаційно-кореляційних параметрів виявилися статистичні моменти третього і четвертого порядків. В тексті дисертації відсутня належна аргументація їх високої чутливості у порівнянні з традиційним статистичними аналізом, який базується на застосуванні статистичних моментів 1 та 2 порядків.

Відсутність порушення академічної доброчесності

Дисертаційне дослідження є самостійною науковою роботою автора. Висновки, рекомендації та пропозиції, що характеризують наукову новизну дисертаційного дослідження, одержані автором особисто. При використанні праць інших вчених для аргументації актуальних положень дослідження обов'язково вказано посилання на відповідні праці.

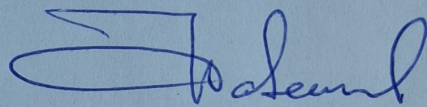
Загальний висновок.

Дисертаційна робота Салеги О. В. є завершеним науково-дослідним дослідженням, яке містить нові науково обґрунтовані результати. У сукупності вони вирішують важливе науково-прикладне завдання, що полягає у створенні перспективного поляризаційно-кореляційного методу діагностики біологічних зразків. Дослідження виконано автором на високому науковому рівні. За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями, повнотою висновків і рекомендацій, дисертаційна робота Салеги Олександра Вікторовича «Поляризаційна корелометрія фазово-неоднорідних об'єктних полів полікристалічних плівок біологічних рідин», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 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 2022р. №44 (зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024).

Автор дисертаційної роботи, Салега Олександр Вікторович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Офіційний опонент

Доктор фізико-математичних наук,
професор, завідувач кафедри електрофізики,
Факультету радіофізики, електроніки та
комп'ютерних систем
Київського національного університету імені
Тараса Шевченка



Сергій САВЕНКОВ

Підпис засвідчую
Вчений секретар НДЧ
КАРАУЛЬНА Н.В.
15.06.2023

