

**INSTITUTE OF OPTICAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES "ACAD. J. MALINOWSKI"****BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES****ИНСТИТУТ ПО ОПТИЧЕСКИ МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ "АКАД. Й. МАЛИНОВСКИ"****БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**

Acad. G. Bonchev Str., Bl 109, 1113 Sofia, Bulgaria

Phone/Fax: (+359-2) 872 00 73; e-mail: iomt@iomt.bas.bg; <http://www.iomt.bas.bg>

РЕЦЕНЗИЯ

На дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор“

Професионално направление: 4.1 Физически науки

Докторска програма: Физика на вълновите процеси

Тема на дисертационния труд: „Анализ и компресия на динамичен спекъл“

Автор на дисертационния труд: Михаил Андреевич Левченко, Институт по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“, Българска академия на науките

Научни ръководители: проф. дн Елена Стойкова
доц. д-р Виолета Маджарова

Рецензент: проф. д-р Даниела Богданова Карашанова, Институт по оптически материали и технологии, Българска академия на науките, назначена за член на научното жури със заповед РД-15-901/20.12.2024 г на Директора на Института по оптически материали и технологии, проф. д-р Цветанка Бабева.

1. Биографични данни за докторанта

Михаил Андреевич Левченко е роден на 06 април 1997 г в гр. Москва, Руска федерация. Завършва висшето си образование със степен „бакалавър“ през 2019 г в Московски енергиен инженерен институт, където през 2021 г получава и степен „магистър“ в направление „Уреди и методи за контрол на качеството и диагностиката“

След успешно преминал международен конкурс, обявен в рамките на Европейската програма Мария Склодовска Кюри, на 01 декември 2021 г той е зачислен като докторант в

редовна форма на обучение по проект PLENOPTIMA в Института по оптически материали и технологии към БАН, съвместно с Технически университет в Берлин.

По време на докторантурата си Михаил Левченко е положил необходимите изпити по специалността, езикова подготовка и компютърни умения. Успешно е завършил 2 специализирани курса към Центъра за обучение на БАН. В рамките на тригодишния период на обучението си в докторантура той е представил дисертационния си труд на тема „Анализ и компресия на динамичен спекъл“, като е преминал предварителна защита в ИОМТ и представяне в ТУ Берлин и е отчислен с право на защита с решение на Научния съвет на ИОМТ на 16 декември 2024 г

2. Оценка за покриване на минималните критерии, съгласно специфичните Правила за придобиване на научни степени, определени в Института по оптически материали и технологии, Българска академия на науките (Приложение 1).

От представената справка за изпълнение на минималните изисквания за придобиване на научната и образователна степен „доктор“ (Приложение 1) се вижда, че докторантът изпълнява минималните изисквания на ЗРАСРБ, Правилниците за неговото приложение в РБ и БАН, както и специфичните изисквания в Правилника на ИОМТ, като надхвърля с над 60% минималния брой точки. Така по показател Г, вместо минималните 30 точки, той отчита 80, получени от общо 10 публикации по темата на дисертацията, което е много добра публикационна активност за докторант. Две от публикациите са в списания с импакт-фактор и квантил Q2, 4 с импакт-ранг и 4, не попадащи в тези две категории. В резултат, вместо минималните изисквани 80, Михаил Левченко представя общо 130 точки по критериите в група А и група Г. Бих искала да отбележа, че в група Д, където не е задължително да се представя активност за тази степен и съответно докторантът не е представил данни, той също има 8 точки от 4 получени цитата върху публикациите от дисертацията, които, обаче са един много добър атестат за качеството на извършените изследвания.

3. Анализ на дисертационния труд.

Представеният ми за рецензия дисертационен труд е описан на 143 стандартни страници и е структуриран в следните 4 глави: Преглед на динамичното спекъл визуализиране,

Анализ на динамичното спекъл визуализиране, Компресиране на динамични спекъл изображения и Приложение на динамичното спекъл изобразяване при безразрушителен контрол. Включва също Въведение, Заключение, Приноси, както и списък с литература, обхващащ 110 литературни източника, списък с публикации, включени в дисертацията, участията в конференции и списък с получените цитати на публикациите. Съдържа 134 фигури, 1 таблица, списък с използваните съкращения и благодарности.

В краткия увод, с който започва дисертационния труд, докторантът разкрива актуалността на разглеждания в дисертацията метод – динамичното спекъл визуализиране (ДСВ), като част от оптичната метрология и съвременните оптични технологии за мониторинг на динамични явления и процеси, свързани с проследяване промяната в топологията на повърхността на обектите. Мотивиран, както от научната стойност на изучаването на ДСВ, така и от различни възможности за приложението му като безразрушителен контрол в съвременното материалознание, проследяване на бързопротичащи процеси в биологични обекти, сензори и др., докторантът формулира тук целта на разработваната дисертация и 10 задачи, с които тя да бъде постигната. Акцент е поставен върху възможностите за подобряване на качеството на изображението при ДСВ, намаляването на обема от информация за надежден спекъл анализ, обработката на голям обем данни, както и върху решаването на важни практически задачи като създаването на нискобюджетна установка за ДСВ, отговаряща на изградените стандарти в оптичната метрология.

Уводът е последван от Литературен обзор, оформен като **Първа глава** от дисертацията, в която след подробно запознаване с публикувани изследвания за ДСВ, аргументирано са подбрани два от описаните в научната литература алгоритъма, с които да бъдат проведени по-нататъшните симулации и да бъдат осъществени част от поставените задачи. Това са Структурната функция (СФ), отнасяща се за случаите на равномерно осветяване на обектите и Модифицираната структурна функция (МСФ), съответно при неравномерно осветяване.

Непосредствено след това са изложени стегнато и логично резултатите от многобройните експерименти – симулационни и реални. Във **Втора глава** е изследвано нормирането в интензитетно-базираното ДСВ за обработка на сурови спекъл данни с пространствено променящи се статистики, което отговаря на неравномерно осветление.

Предложени са модификации на алгоритми, които използват за нормиране в даден момент сума от два интензитета или един интензитет, като е проверена и ефективността на алгоритмите за данни с нисък и висок контраст. Доказано е, че поточковите алгоритми, при които нормирането се извършва на всяка стъпка, като се използва една или две стойности на интензитета, са по-ефективни от алгоритмите, които прилагат средни стойности и вариации на интензитета на спекъла.

В **Трета глава** е разгледан проблемът с компресирането на данни, като са предложени три метода за компресиране на изображения в ДСВ JPEG/JPEG2000, SVD и PCA. Анализът показва, че компресирането работи добре за симетрични/асиметрични разпределения на интензитета на петната и може да се използва за изображения, записани при неравномерно осветяване, когато се изисква нормирана обработка. Анализът на промяната, причинена от компресията е проведен чрез проследяване на влиянието ѝ върху средната стойност на оценката на активността при съхнене на капка от разтвор на полимер. Сравнението с резултата при запис на bmp изображения, показва, че изкривяването на времевите зависимости е от второстепенно значение, предвид значителното спестяване на компютърна памет, предоставено от JPEG или JPEG2000 компресирането. Предложените в дисертацията SVD и PCA методи превъзхождат постигнатите при JPEG/JPEG2000 компресиране резултати.

Четвърта глава разглежда няколко конкретни приложения на ДСВ, проведени в областта на безразрушителните „in situ” тестове. Разработено е преносимо и евтино оборудване за провеждане на динамично спекъл визуализиране в извънлабораторни условия, основаващо се на базата на смартфон и евтин лазерен източник, което обаче демонстрира добра стабилност в условията на външен шум. Успешно е реализирана техника с високо-скоростна камера за проверка на потенциала на ДСВ за характеризиране на събития с висока скорост на деформация, напр. при удар с висока скорост на образец от композитен материал. Успешно е приложено ДСВ за откриване на скрити дефекти при опън на еластични материали.

Традиционно, дисертационният труд завършва с изводи направени на основа на получените експериментални резултати, които в случая са отразени в края на всяка отделна глава, а също с приноси на дисертацията и списък с литературните източници.

3.1. Актуалност на темата.

Актуалността на поставената тема несъмнено е свързана с методът, който е основа на дисертацията динамичното спекъл визуализиране. Създаден още през 60- години на миналия век, той все още има неразрешени предизвикателства и какво да се направи за неговото усъвършенстване и подобрене. В същото време, давайки възможност за безразрушителен мониторинг и тестване на динамични процеси и материали, методът е важна част от оптичната метрология и намира все нови и нови приложения в различни области от човешката дейност

В същото време, важно място в дисертационния труд заема въпросът за компресиране на получената информация, което е свързано със съвременните проблеми във все по-дигиталното ни ежедневие и управлението на големи масиви от данни.

3.2. Методика на изследване и отговор на поставените цел и задачи на ДТ.

Във връзка с изпълнението на поставените в дисертационния труд цел и задачи, в своята същност методиката на изследване, съвсем логично включва теоретични пресмятания и компютърни симулации, които на всеки етап са съпътствани от умело поставени експерименти, потвърждаващи получените резултати. По този начин са валидирани моделите и алгоритмите за процеси с променлива скорост (обект с кръгообразни канали с различна дълбочина, покрит с боя), бързо протичащи процеси (стъкло с капка на воден разтвор на полимер върху нагряваща се плоча), влиянието на външния шум (3D принтирани обекти, единият от които с вдлъбнати надписи и линия, другият с кръгови канали с различна дълбочина, всички покрити с бяла акрилна боя).

3.3. Научни и научно-приложни приноси на ДТ.

В дисертационния труд с помощта на метода на динамичното спекъл визуализиране са постигнати оригинални резултати, както с фундаментален, така и с приложен характер, а именно:

- Извършване на анализ на нормирани алгоритми за обработка на данни с пространствено променяща се статистика на спекъл полето.
- Предлагане на методи за подобряване на времевата разделителна способност чрез анализ на влиянието на времето за заснемане върху качеството на 2D картата на активността, като резултат от измерването.
- Провеждане на измервания на динамичен спекъл в извънлабораторни условия.

- Разработване на ново миниатюрно преносимо устройство с нискобюджетен лазер, прикрепен към смартфон, и доказване на неговата ефективност при полеви условия и прилагане в областта на безразрушителния контрол.

- Изследване на компресирането на информацията за оптимизиране на съхранението върху дисково пространство за временно корелирани спекъл изображения, използвайки формати JPEG и JPEG2000, както и два алгоритъма за компресиране, базирани на SVD и PCA.

- Доказване на потенциала на ДСВ за безразрушително тестване – в изпитвания на удар на керамичен материал и визуализация на процеса на деформация с помощта на високоскоростна камера; при откриването на скрити дефекти чрез възбуждане на динамичен спекъл при подлагане на опън на еластичен материал.

3.4. Оценка на научната продукция на кандидата, личен принос на кандидата и отразяването на резултатите в трудовете на други автори.

Резултатите от дисертационния труд са публикувани в 10 научни публикации, от които 2 в списанието Applied Optics, с импакт-фактор за 2022 г 1.9, за 2023 г 1.7 и квантил Q2, 4 публикации са в списания с импакт-ранг Journal of Physics: Conference Series (2 бр.) и Proceedings of SPIE (2 бр.) и 4 статии са в сборници от конференции. Докторантът е първи автор в 4 от статиите и втори автор в 3 от тях, което е свидетелство за значимото му участие в експерименталната работа, обсъждането и анализирането на резултатите от изследванията, описани в тези публикации и респективно в дисертацията.

Резултатите са представени и в 10 международни научни форума с 5 устни съобщения, 2 устни представяния в on-line форуми и 3 постерни доклада.

Добър атестат за актуалността на тематиката, както и за качеството на изработените в дисертацията резултати са и забелязаните вече 4 цитата на три от публикациите, излезли от печат през 2022 г и 2023 г

4. Авторефератът изготвен ли е съгласно изискванията, правилно ли отразява основните положения и научните приноси на ДТ?

Авторефератът е добре оформен и отговаря напълно на изискванията за обем и съдържание. Включва основните резултати на изследването и научните приноси на дисертационния труд.

5. Критични бележки и мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси.

Не може да не отбележа на първо място, че дисертацията прави впечатление с огромния обем от изследвани проблеми и предложени решения, свързани с ДСВ. Тя обединява в себе си както теоретични резултати, така и няколко практически приложения. Всички резултати са добре илюстрирани.

Силно положителна черта на дисертацията е логичното изложение на научните факти, добрия стил и език, и изключително грамотното оформяне на текста (от всичките 143 страници бяха открити само няколко правописни грешки).

Нямам критични бележки по дисертацията, а само следните коментари и въпроси, които не касаят същността, достоверността и значението на получените резултати и дисертационния труд като цяло:

- Структурата на полимерът PAZO, използван в част от проведените експерименти в дисертацията е представена на фигура 39. По-добре е тя да бъде част от фигура 33, където за първи път се въвежда този полимер и се представя първото спекъл изображение на отложен филм от PAZO върху стъклена подложка.
- Експерименталната схема, представена на фигура 39 е цитирана в текста на стр. 52 като представена на фигура 40.
- Картите на активността, представени на фигура 56 са при прилагане на два фактора на влияние: осветяване и вибрация. В същото време, на фигура 55 тези две влияния липсват. Не е ли по-добре да се проследи влиянието на всеки от двата фактора по отделно?
- В повечето от експериментите броят на спекъл изображенията е 200. В случая на обекта с кръгови вдлъбнати и изпъкнали зони, покрит с боя, представен на фигури 55 и 56, този брой е 50. Какво предопределя избора на този брой?
- При толкова хубави практически резултати препоръчвам на докторанта да помисли за патентна защита. Пожелавам му да продължи да задълбочава още повече изследванията си в темата на дисертацията.

6. Заключение с ясно становище да се даде или не научната степен. Поставяне на оценка на ДТ, съгласно изискванията на ТУ Берлин.

Представеният ми за рецензия дисертационен труд представлява обстойно и задълбочено изследване на същността на динамичното спекъл визуализиране, с цел подобряване на негови параметри като точността на анализа посредством спекъл картини, подобряване на времевата разделителна способност и адаптирането му към извънлабораторни условия, както и някои негови оригинални приложения в безразрушителното тестване на бързопротичащи процеси в различни материали.

Постигнатите резултати са публикувани в достатъчно на брой научни издания с импакт-фактор и импакт-ранг, което осигурява с над 60% повече точки от минимално изискваните в ЗРАСРБ и Правилника за неговото прилагане по този критерий. Не е установено наличие на плагиатство. Направените коментари са редакционни и не оказват влияние върху стойността на дисертацията. Ето защо, давам **положителна оценка** на дисертационния труд и напълно убедено препоръчвам на уважаемите членове на Научното жури да **присъдят на Михаил Андреевич Левченко образователната и научна степен „доктор“** в професионално направление 4.1 Физически науки, докторска програма Физика на вълновите процеси.

Съгласно изискванията на ТУ Берлин по тази процедура, поставям оценка „много добър“ на дисертационния труд.

20.02.2025 г

Изготвил рецензията.

София

/проф. д-р Даниела Карашанова/