

СТАНОВИЩЕ

Относно дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“ в област 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.1. Физически науки, докторска програма „Физика на вълновите процеси“

Докторант: Мариам Викар, Институт по оптически материали и технологии „Акад. Й. Малиновски“, Българска академия на науките

Научни ръководители: доц. д-р Виолета Маджарова и проф. дн Елена Стойкова, д-р Ердеш Шахин (Университет на Тампере, Финландия) и проф. д-р Атанас Гочев (Университет на Тампере, Финландия)

Тема на дисертационния труд: „Дълбокообучаващи модели за реконструиране и анализ на съдови изображения, получени чрез оптична кохерентна томография с променлива дължина на вълната (SS-OCT)“

Член на научно жури, назначено със заповед № РД-15749/08.10.2025 г. на Директора на ИОМТ-БАН: проф. д-р Силвия Емилова Ангелова, Институт по оптически материали и технологии „Акад. Й. Малиновски“, Българска академия на науките

I. Кратки биографични данни за докторанта

Мариам Викар придобива ОКС „Бакалавър“ и ОКС „Магистър“ в Алигарския мюсюлмански университет (Aligarh Muslim University) съответно през 2015 г. и 2020 г. Според издаденото от НАЦИД удостоверение тя притежава ОКС „Магистър“ по специалност „Електронно инженерство“. Зачислена е като докторант в ИОМТ през 2021 г. в рамките на проект „Плeнoптима“, като обучението се осъществява съвместно с Университета на Тампере, Финландия.

II. Общо описание на дисертационния труд

Представеният за оценяване дисертационен труд на тема „Дълбокообучаващи модели за реконструиране и анализ на съдови изображения, получени чрез оптична кохерентна томография с променлива дължина на вълната (SS-OCT)“ е посветен на актуален и значим научен проблем, намиращ се на пресечната точка между биомедицинското инженерство, оптичните методи за визуализация и съвременните

техники за машинно и дълбоко обучение. Тематиката е важна както от теоретична, така и от приложна гледна точка, тъй като подобреният анализ на съдови структури е от ключово значение за ранната диагностика и мониторинг на множество заболявания.

Дисертацията е с обем около 130 страници, а заедно с включените в пълен текст публикации общият обем достига 180 страници. Трудът съдържа всички задължителни структурни елементи – въведение, литературен обзор, резултати и обсъждане, основни приноси и библиография. Като допълнение са включени четирите публикувани статии, представящи основните резултати по дисертацията. Дисертационният труд е илюстриран с 33 фигури и 12 таблици, които подпомагат разбирането на представените резултати. Богатият илюстративен материал допринася за убедителното представяне на експерименталните данни и постигнатите резултати. Дисертацията е придружена и от автореферат с обем 47 страници.

Изложението е ясно, прецизно и логично структурирано. Литературният обзор е задълбочен и обхваща 150 актуални и релевантни източника, което демонстрира отлична информираност на докторанта относно съвременното състояние на изследваната област. Основите на използваните методи и техники са подробно и точно обяснени, включително чрез представяне на необходимите математически формули, което осигурява висока прозрачност и възпроизводимост на изследването. Литературният обзор представя историческото развитие и основните принципи на оптичната кохерентна томография (OCT), като проследява еволюцията ѝ от първите TD-OCT системи до съвременните SS-OCT технологии. Разглеждат се физическите основи на метода, включително формирането на интерференчния сигнал, аксиалната реконструкция и влиянието на оптичните свойства на тъканите върху получаваните изображения. Подробно са сравнени различните видове OCT системи, като се акцентира върху предимствата на SS-OCT и особеностите на обработката на суровите данни, включително k-линеаризацията, дисперсионната компенсация и прилагането на Фурие трансформация. Отделено е внимание на ограниченията на традиционните интерполационни техники и хардуерни решения, които могат да доведат до артефакти, повишен шум и усложнения при работа в реално време. В заключение обзорът представя най-новите тенденции в дълбокото машинно обучение (deep learning, DL), като подчертава потенциала на съвременните DL архитектури да подобрят реконструкцията и анализа на OCT изображения, въпреки съществуващите предизвикателства при адаптацията им към специфичните характеристики на този тип данни.

Целта на дисертацията е да изследва възможностите на дълбокото обучение за подобряване на анализа и реконструкцията на SS-OCT изображения. Петте изследователски въпроса обхващат оценката на точността на сегментацията на венозните слоеве при минимална сложност на модела, разработването на интегриран модел за надеждна сегментация и точни измервания на дебелината, реконструкция на изображения директно от линейни данни с намалени изчислителни и хардуерни изисквания, оптимизация на данните в пространствената и Фурие области за подобро качество и намален шум, както

и създаването на DL-базирано решение с ниска сложност, което позволява визуализация в реално време.

III. Основни научни резултати

Представените в дисертацията резултати демонстрират значими постижения в прилагането на дълбокото машинно обучение (DL) за анализ и реконструкция на SS-OCT изображения на венозни структури. Изследванията показват, че интеграцията на DL модели значително подобрява автоматизацията в OCT, позволявайки извличане на устойчиви и високодостоверни характеристики, недостижими чрез традиционните методи. OCT системите, благодарение на своята висока пространствена разделителна способност, предоставят богат обемен материал за изследване на разширени вени, а разработените в дисертацията модели допълнително повишават точността при оценка на формата и дебелината на венозните слоеве.

В Глава 3 на дисертационния труд са представени два DL модела, насочени към автоматизирана сегментация и измерване на дебелината. Първият – Opto-UNet – предлага оптимизирана и параметрично олекотена архитектура, която демонстрира превъзходна точност спрямо съвременните модели за сегментация. Вторият модел – TREE – успешно интегрира трансферно обучение и специализиран SPD модул. Установено е, че TREE надминава съществуващите методи по точност и прецизност както при сегментацията, така и при измерванията на дебелината на вените.

Глава 4 разширява приложението на DL към OCT реконструкцията. Моделът WAVE-UNET позволява директно генериране на висококачествени B-scan изображения от сурови данни, линейни по дължина на вълната, елиминирайки нуждата от традиционни стъпки като k-линеаризация. Разработената реконструкционна рамка в пространствената и Фурие области ефективно потиска спекъл шума и възпроизвежда детайлни морфологични структури, като същевременно е оптимизирана за ниска изчислителна сложност и бързо извличане на заключения. Експериментите с различни образци последователно потвърждават превъзходството на предложените методи спрямо стандартните подходи.

IV. Приноси и значимост на изследванията

Научните изследвания, представени в дисертационния труд, са в областта на физиката на вълновите процеси и по-специално на оптичната кохерентна томография (OCT). Трудът включва научни резултати с фундаментален характер, които допринасят за по-дълбокото разбиране на свойствата на материята и специфични физични явления. Теоретичните приноси се изразяват в разработването и оптимизирането на DL модели за изследване на биологични обекти (венозни структури), както и за реконструкция и анализ на OCT изображения. В резултат на проведените систематични теоретични и експериментални изследвания са предложени нови решения за обработка на данни и са разработени нови реализации на DL-базирани методи. Демонстрирана е практическата приложимост на предложените решения. Постигнатите резултати имат потенциал за внедряване в клиничната и изследователската практика. Дисертацията демонстрира успешен баланс между теория и експеримент и висока степен на усвоени знания от страна

на докторанта. Формулираните основни приноси коректно отразяват постигнатите научни резултати.

V. Преценка на публикациите и личния принос на кандидата

Изследванията по темата на дисертацията са изцяло или частично публикувани в четири научни труда в пълен текст. От включените в дисертацията публикации една е в списание от категория Q1, а втора – в Q2. Намерени са седем цитата на една от статиите. Мариам Викар е първи автор на всички четири публикации, което представлява ясен показател за нейния основен принос в извършените изследвания.

VI. Критични бележки и препоръки

Мариам Викар демонстрира отлично познаване на материята в областта на дисертацията, както и задълбочено разбиране на нейните теоретични основи. Не установявам съществени слабости в представената работа и нямам критични бележки или препоръки.

VII. Заключение

Дисертационният труд на Мариам Викар представлява целенасочено, добре планирано и висококачествено изпълнено изследване в областта на оптичната кохерентна томография. Значителен обем материал е синтезиран в последователна, добре структурирана и убедително аргументирана дисертация. Постигнатите резултати имат съществен научен принос, което дава основание за висока оценка на извършената работа.

Дисертационният труд напълно отговаря на изискванията за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“. Въз основа на научните приноси и значимостта на извършените изследвания изразявам своето положително становище и предлагам на членовете на уважаемото научно жури да присъдят на Мариам Викар образователната и научна степен „Доктор“ по научна специалност „4.1. Физически науки“.

София

29.11.2025 г.

/проф. д-р Силвия Ангелова/