

РЕЦЕНЗИЯ

ОТ

Проф. д-р Ума Махесуари Раджагопалан, Шибаура технологичен институт, Япония
Член на научно жури, назначено със заповед № РД-15749/08.10.2025 г. на Директора на
ИОМТ-БАН

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. д-р Елена Стойкова, д-р Ердем 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)“

Работата, представена в тази дисертация, относно приложението на модели за дълбоко обучение за характеризирание и класификация на съдови структури, е навременна, а приносът ѝ към научните области на оптиката и биомедицината с изключително значим. Дисертацията се състои от пет глави. Първа и втора глава имат уводен характер и представят основните принципи на използваните методи, а именно оптичната кохерентна томография и нейните разновидности (OCT) и нейните вариации, както и методите за дълбоко обучение, прилагани в хода на работата. Глава 3 по същество се базира на Публикации I и II, а съответно Глави 4 на Публикации III и IV. Глава 5 представя заключението на дисертационния труд.

По-долу представям моите коментари относно дисертацията:

По отношение на организацията:

Глава 2 предоставя задълбочена основа относно технологията на ОСТ, както и относно моделите за дълбоко обучение, което я прави особено ценна както за начинаещи, така и за изследователи, желаещи да надградят представената работа. Единствената ми забележка е, че на места параграфите са прекалено дълги и биха могли да бъдат по-добре структурирани и разделени на по-кратки, по-ясни части. Например във „2.4.1. Напредък на дълбокото обучение в ОСТ“ вторият параграф е твърде обемен. Подобно внимание към оформянето на параграфите би улеснило възприемането на текста от читателя.

Глави 3 и 4 често се позовават на публикациите като Публикация I, II и т.н. Бих препоръчал на автора вместо да споменава многократно публикациите в самите глави, да ги обозначи ясно още в началото. Няма необходимост от повторни упоменавания, тъй като структурата на дисертацията достатъчно ясно показва разпределението на публикациите по глави. Установих, че терминът „публикация“ се среща общо 54 пъти в раздела. Затова би било по-добре да се избегне подобна излишна повтораемост.

Сега бих искал да изложа някои от основните забележки относно отделните глави на дисертацията:

1. За рецензента не е напълно ясно как класифицираните разширени вени, разгледани в дисертацията, биха имали практическо приложение в реални условия. Работата е извършена върху екс-виво проби и не включва ин-виво изследвания. Би било уместно, авторът да посочи ограниченията на обучаващите модели във връзка с реалните приложения. С развитието на работата фокусът се измества към изчислителни въпроси в реално време.
2. Авторът често обсъжда точността, но не е ясно как тя е дефинирана във физически смисъл. Макар че е дадена дефиниция в Уравнение 3.8, терминът се появява многократно – общо 76 пъти. Не става ясно: *точност спрямо какво сравнение?* Необходимо е по-ясно пояснение.
3. Тъй като работата е извършена върху екс-виво вени, основното притеснение е, че разглежданите структури са статични. В реални условия те са динамични и непрекъснато се адаптират към външни промени. Би било полезно да се обсъди доколко предложените и изследвани модели за дълбоко обучение могат да бъдат приложени към такива реални случаи. Или следва да се приеме, че моделите са

ограничени до оценка на статична васкулатура.

4. В Публикация II се появява следното твърдение:

„На практика в лабораторни условия такива измервания се извършват с помощта на шублер с точност от порядъка на няколко милиметра.“

Рецензентът счита, че шублерите могат да достигнат точност до десетки микрометри, а при използване на диференциални скали – дори по-голяма.

5. Още един въпрос: използваните вени са сравнително големи. Необходимо ли е вените, разглеждани в изследването, да бъдат толкова големи, или това е направено единствено за демонстрационни цели, използвайки по-големи съдове?
6. В Глава 4 е необходимо да се добавят мащаби (скали) към изображенията. В приложените публикации такива са налични, но не непременно в самите глави на дисертацията.
7. Във Фиг. 4.7 вертикалната скала линейна ли е или логаритмична?

Относно публикациите:

Публикация I:

Първата, Opto-Net, се фокусира върху сегментирането на вените, по-специално на разширените вени. Opto-Net се базира на архитектурата U-net с модификации, направени за извличане на широк спектър от разделими характеристики чрез използване на атроус и дълбочинни конволюции. Резултатът: моделът се оказва „много подходящ за сегментиране на разширената стена, без да се влошава качеството на сегментирането“.

Едно от основните притеснения тук е броят на човешките проби, използвани в проучването. Това може да бъде основното ограничение на проучването, когато се разглежда практическото му приложение.

Второто ограничение е, че това е ex vivo проучване. Разбира се, моделът трябва да бъде тестван в in vivo условия. Нямам съмнение, че ако моделът може да се използва в in vivo приложения за оценка на вените, това би имало значителни последиствия в областта на биомедицината. Разбирам, че това може да излиза извън обхвата на настоящата работа, но определено представлява ценна насока за бъдещи изследвания.

Публикация II

Това е продължение на Публикация I. В тази публикация авторът разглежда оценката на формата и дебелината на вените чрез модел, наречен TREE, който използва трансферно

обучение. Особеността на модела е, че използва един енкодер и два декодера, единият за форма, а другият за дебелина. По този начин той може да предскаже дебелината на вените. И в този случай основният проблем е демонстрацията с по-малко проби и то ex vivo. Въпреки това, силата на предложението и неговата ефективност са потвърдени.

Публикация III

В тази работа се обръща специално внимание на метода SS-OCT, особено по отношение на обработката, свързана с изчисленията. Авторът предлага метод за усъвършенстване, който намалява изчисленията, както и метод за намаляване на шума от спекл, който неизменно се получава в OCT поради кохерентността и многократното разсейване от пробата. По този начин тази работа поставя нова посока за разглеждане на настоящите подходи, използвани в самата OCT.

Публикация IV

Тази работа също разглежда проблемите на изчислителната сложност и шума от спекл в OCT и предлага WAVE-UNET като начин за решаване на проблемите. Моделът успя да генерира изход с добро качество и намалена времева сложност чрез демонстрация на няколко обекта, като например всна и повърхност на ягода.

Резюме

В обобщение, докторантът започва с прилагането на DL модели към OCT и накрая се насочи към самите основи на OCT и е създал модели, които биха могли да намалят изчислителната сложност. Като се има предвид разпространението на OCT в офталмологията и други области, считам, че тези работи имат съществено въздействие в тази област.

02.12.2025

/Проф. д-р Ума Махесуари Раджагопалан/