

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ МАСТЕР РАДА
REPORT ON EVALUATION OF MASTER THESIS

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео Комисију 13.07.2020. Веће Департмана за математику и информатику Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду</p> <p>2. Састав Комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none">1) др Ивана Војновић, доцент, Анализа и вероватноћа, 2018, Природно-математички факултет, председник2) dr Adérito Araújo, ванредни професор, Нумеричка анализа и оптимизација, Универзитет у Коимбри (Португал), члан-ментор3) др Србољуб Симић, редовни професор, Математичко моделирање, 2017, Природно-математички факултет, члан-ментор4) др Марко Недељков, редовни професор, Анализа и вероватноћа, 2005, Природно-математички факултет, члан
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Сунчица (Семиз) Сакић</p> <p>2. Датум рођења, општина, република: 29.09.1995, Нови Кнежевац, Србија</p> <p>3. Година уписа на дипломске академске студије, смер/усмерење: 2018, Мастер Примењена математика, модул Техноматематика</p>
III НАСЛОВ МАСТЕР РАДА / TITLE OF MASTER THESIS
Моделирање пропагације светлости кроз очна ткива Modelling Light Propagation in Ocular Tissues
V ПРЕГЛЕД МАСТЕР РАДА OVERVIEW OF MASTER THESIS
<p>Мастер рад „Моделирање пропагације светлости кроз очна ткива” је написан на 65 страна и садржи 6 поглавља, 6 табела, 25 слика и 32 референце наведене у списку литературе. Осим Предговора, садржај рада чине следећа поглавља: 1. Људско око; 2. Основе електромагнетизма; 3. Математички модел; 4. Прекидни Галеркинов метод коначних елемената; 5. Нумерички резултати и 6. Закључак.</p> <p>Рад је посвећен моделирању ткива рожњаче. Циљ рада је да се помоћу одговарајућег математичког модела и нумеричких симулација генерише виртуелни ОСТ снимак и утврде услови под којима се јавља замућење рожњаче. У том циљу су најпре анализирани анатомија људског ока и основне једначине електромагнетизма, а на основу њих је формулисан математички модел. Детаљно је анализиран прекидни Галеркинов метод коначних елемената, који је потом примењен на решавање Максвелових једначина. Нумеричка процедура је тестирана у погледу стабилности и конвергенције и приказани су резултати 2D нумеричке симулације математичког модела простирања светлости кроз рожњачу.</p>

Добијени резултати показују да се замућење рожњаче може приписати неједнакој величини попречних пресека колагених влакана.

Master thesis “Modelling Light Propagation in Ocular Tissues” is written on 65 pages and contains 6 Chapters, 25 Figures and 32 references. Apart from Preface, the contents of Master thesis is the following: 1 Human Eye; 2 Foundations of Electromagnetism; 3 Mathematical Model; 4 Discontinuous Galerkin Finite Element Method; 5 Numerical Results and 6 Conclusion.

Thesis deals with the modelling of corneal tissue. Aim of the thesis is to generate virtual OCT (Optical Coherence Tomography) scan using an appropriate mathematical model and numerical simulations, and further locate conditions that lead to clouding of the human cornea. To that end, anatomy of human eye and basic equations of electromagnetism are analyzed as a basis for the mathematical model. Discontinuous Galerkin finite element method is studied in detail, and applied for the solution of Maxwell's equations. Numerical procedure is tested for stability and convergence. At the end, results of 2D numerical simulation of the model of light propagation in corneal tissue are presented.

The results obtained in the thesis show that clouding of the corneal tissue can be attributed to non-uniform cross-sectional size of collagen fibers.

IV ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА МАСТЕР РАДА EVALUATION OF THE INDIVIDUAL PARTS OF MASTER THESIS

Последњих деценија неинвазивне методе снимања су допринеле откривању структуре ткива и дијагнози и лечењу болести. У офталмологији је посебно нашла примену оптичка кохерентна томографија (ОСТ). Овај мастер рад је посвећен моделирању ткива рожњаче. Циљ рада је да се помоћу одговарајућег математичког модела и нумеричких симулација генерише виртуелни ОСТ снимак и утврде услови под којима се јавља замућење рожњаче.

Мастер рад „Моделирање пропагације светлости кроз очна ткива” садржи 6 поглавља.

У првом поглављу су изложене основе анатомије људског ока и дат је кратак и информативан приказ основних типова ОСТ.

Друго поглавље садржи основе Максвелове електромагнетне теорије. Осим основног облика Максвелових једначина, показана је њихова структура у виду система закона одржања, што је од значаја за избор нумеричког метода. Такође је дат и преглед карактеристичних допунских услова – почетних, граничних и услова на међуфазним површима. Посебан осврт је дат на простирање таласа у анизотропним срединама.

Треће поглавље је посвећено формулисању математичког модела, дефинисању непознатих величина, и свођењу проблема на две димензије.

Због значаја за целокупну анализу проблема, четврто поглавље детаљно обрађује прекидни Галеркинов метод коначних елемената. Најпре је дат осврт на структуру мрежа. Затим је приказан прекидни Галеркинов метод са основним елементима: просторном дискретизацијом која проблем своди на велики систем ОДЈ; избором нумеричког флукса који обезбеђује конвергенцију нумеричког поступка; временском интеграцијом помоћу експлицитне Рунге-Кута методе. Изложени су и основни елементи његове теоријске валидације.

Пето поглавље је посвећено нумеричким резултатима рада. Дата је најпре формулација дискретног Галеркиновог метода за Максвелове једначине. Затим је

извршено тестирање нумеричке процедуре које укључује анализу стабилности и конвергенције изабраног поступка. Најзад, извршено је нумеричко решавање Максвелових једначина које чине математички модел, на одговарајућем домену. Анализирана су два случаја: у првом су попречни пресеци колагених влакана кружног облика и једнаких пречника, а у другом су кружног облика али различитих пречника. Нумеричко решење јасно показује да јачина електричног поља добијеног расејавањем има значајне варијације у домену када су попречни пресеци колагених влакана неједнаки, што указује на могући узрок замућења рожњаче.

У Закључку је дат преглед изложеног материјала и добијених резултата, а указано је и на могуће даље правце развоја модела и унапређења нумеричког поступка.

In the past few decades, the non-invasive medical imaging techniques made significant contribution to the revealing of internal structure of tissues and diagnosis and treatment of diseases. In ophthalmology, Optical Coherence Tomography (OCT) found broad applications. This Master thesis is concerned with modelling of corneal tissue. Its aim is to generate virtual OCT scan by means of an appropriate mathematical model and numerical simulations, and identify conditions that lead to clouding of the human cornea.

Master thesis “Modelling Light Propagation in Ocular Tissues” contains 6 Chapters.

In Chapter 1, basics of the human eye anatomy is exposed, and short but informative review of basic types of OCT’s is given.

Chapter 2 contains the foundations of Maxwell’s electromagnetic theory. Besides basic form of Maxwell’s equations, they are also presented in the form of conservation laws which is of fundamental importance for the choice of numerical procedure. Typical initial, boundary and interface conditions are reviewed. Particular attention is devoted to wave propagation in anisotropic medium.

In Chapter 3, the mathematical model is proposed, unknown fields are identified, and the problem is reduced to soft sources scattered field formulation in 2D.

Because of its importance to the overall analysis of the problem, separate Chapter (Chapter 4) is devoted to detailed exposition of discontinuous Galerkin finite element method. At first, a brief overview of common concepts on meshes is given. After that, basic structure of discontinuous Galerkin method is presented: space discretization which leads to a large system of ODEs; choice of numerical flux which is important for stability of the numerical scheme; temporal integration using explicit Runge-Kutta scheme. Also, the basic elements of theoretical validation of the method are exposed.

Chapter 5 contains numerical results of the thesis. Discontinuous Galerkin method for Maxwell’s equations is firstly formulated. Numerical procedure is tested for stability and convergence. Finally, Maxwell’s equations of the model are solved numerically on appropriate domain. Two cases are analyzed. In the first case, it is assumed that collagen fibers have circular cross-sections with equal diameters, while in the second case collagen fibers have circular cross-sections with unequal diameters. Numerical solution clearly shows that intensity of the scattered electric field has significant variations when collagen fibers have unequal diameters, which points to the possible cause of clouding of the human cornea.

In the Conclusion, it is given a brief recapitulation of the contents and of the results. Possible further developments of the model and improvements of numerical procedure are also indicated.

<p>VI ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА CONCLUSIONS I.E. RESULTS OF THE RESEARCH</p>
<p>У раду је приказан модел простирања светлости у очном ткиву и извршена је његова нумеричка симулација. Модел је заснован на Максвеловим једначинама за анизотропну средину, а за нумеричко решавање једначина је коришћен прекидни Галеркинов метод коначних елемената. Главни доприноси рада се састоје у формирању новог модела ткива рожњаче са колагеним влакнима и формулисању адекватног нумеричког поступка који је омогућио добијање виртуелног OCR снимка. Резултати нумеричких симулација указали су на могући узрок замућења рожњаче услед промене величине попречног пресека колагених влакана.</p> <p>In this thesis a model of light propagation in ocular tissues is presented and numerically solved. The model is based upon Maxwell's equations in anisotropic medium, while discontinuous Galerkin finite element method is used for its numerical solution. Main new results of the thesis are formulation of the new model for corneal tissue with collagen fibres, and development of adequate numerical procedure which enabled generating of virtual OCT scan. Numerical results indicated that alteration of cross-sectional diameter of collagen fiber could be the cause of clouding of the human cornea.</p>
<p>VII КОНАЧНА ОЦЕНА МАСТЕР РАДА FINAL EVALUATION OF MASTER THESIS</p>
<p>Мастер рад је у потпуности урађен у складу са одобреном темом. Рад је прегледно написан и садржи све неопходне елементе. Главни резултати су јасно формулисани.</p> <p>Master thesis is written in accordance with thesis proposal. The thesis is overall well-written and contains all the necessary elements. Principal results are clearly formulated.</p>
<p>VIII ПРЕДЛОГ PROPOSAL OF THE COMMITTEE</p>
<p>На основу укупне оцене, Комисија предлаже да се мастер рад Моделирање пропације светлости кроз очна ткива прихвати, а кандидаткињи Сунчици Сакић одобри одбрана.</p> <p>In accordance with the overall evaluation of the thesis, Committee proposes acceptance of the Master thesis Modelling Light Propagation in Ocular Tissues, and to permit the candidate Sunčica Sakić public defense of the thesis.</p>

Нови Сад, 24.08.2020.
Novi Sad, 24 August 2020

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
SIGNATURES OF COMMITTEE MEMBERS

др Ивана Војновић, доцент
ПМФ, Нови Сад, председник

dr Adérito Araújo, ванредни професор,
Универзитет у Коимбри (Португал),
члан-ментор

др Марко Недељков, редовни професор
ПМФ, Нови Сад, члан

др Србољуб Симић, редовни професор
ПМФ, Нови Сад, члан-ментор