

ФТК ЖР-НСА-101
01.09.2026

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника по научна специалност „Теоретични основи на комуникационната техника“

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Диана Цветкова

Автор на мнението: доц. д-р инж. Иво Драганов, катедра РКВТ, ФТК, ТУ-София

Тема на дисертационния труд: „АЛГОРИТМИ ЗА СЛИВАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТ ЯДРЕНО МАГНИТЕН РЕЗОНАНС И ПОЗИТРОННО-ЕМИСИОННА ТОМОГРАФИЯ НА ПРОСТАТНО-СПЕЦИФИЧНИЯ МЕМБРАНЕН АНТИГЕН“

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Съвременната медицинска диагностика е немислима без използването на изображения на органи от човешкото тяло. Съществуват голям брой технически средства за тяхното получаване – рентген, компютърен томограф, ядрено магнитен резонанс, позитронно емисионен томограф, ултразвукови прибори и др. С развитието на изчислителната техника стана възможно получаването на заснетите изображения в цифров вид. Това от своя страна доведе до възможност за прилагане на множество обработки на тези изображения в относително кратки интервали от време при заемане на относително малки обеми от памет – филтрация на шумове, повишаване на контраст, сегментация на обекти, измерване на разстояния и тяхната промяна при сравнение на две и повече изображения, реконструкция с цел тримерно представяне на органи от човешкото тяло от множество изображения и др. Една от тези съвременни обработки е сливането на изображения и в частност такива, получавани от ядрено магнитен резонанс и позитронно-емисионна томография на простатно-специфичния мембранен антиген. Резултатът от това сливане като междинен етап от по-сложна серия от трансформации неимоверно улеснява процеса на анализ на състоянието на простата и поставянето на навременна диагноза и съответстващо лечение на човека.

Едни от големите предимства на използването на ядрен магнитния резонанс е получаването на изображения с висока разделителна способност и висок контраст, дори и в областите, заемани от меките тъкани. Понякога препятствие пред разчитането на тези изображения се явяват артефакти и лезии, както и промяна във фона в по-големи анатомични зони, причинени от нежелано преместване на пациента, ректален газ и др. От своя страна позитронно-емисионна томография на простатно-специфичния мембранен антиген може да даде допълнителна информация за оформянето на зони от тъканта, представляваща туморно образувание. Сливването на посочените две образни модалности води до по-детайлно изобразяване на състоянието на простатата като по-ясно могат да се отличават лезии, да се извършва насочване на инструментариум при биопсия, определяне на стадий на развитие на некачествени образувания и др. Все още се наблюдава слабо разпространение на комбинирани уреди за позитронно-емисионна и ядрено магнитна

томография. Масова практика е двата вида изображения да се получават отделно при две независими изследвания на пациента. Това налага сливането на получаваните изображения с голяма точност на съвпадение между едни и същи анатомични области. Тази задача, решавана изцяло по софтуерен път, е с висока сложност и определя разглеждания от докторанта проблем като изключително актуален.

2. Степен на познаване на състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Докторантът е показал добро познаване на състоянието на проблема и е направил широка творческа интерпретация на литературния материал в първите две глави от дисертационния труд. Като начало е изложена необходимостта от изследвания в дадената област, дефиниран е конкретният проблем и върху него са формулирани цел и задачи на дисертационния труд. Описани са и очакваните приноси като резултат от работата по темата. В частта по литературен анализ докторантът е разгледал обзорно същността на рака на простатата като медицински феномен и необходимостта от навременно лечение. Анализирани са заснемането на простатата чрез компютърен томограф, ядрено магнитен резонанс и позитронно-емисионна томография на простатно-специфичния мембранен антиген като за всеки един от използваните апарати е определено какви артефакти биват внасяни в изображенията при заснемането. След това е обърнато внимание на възможностите за сливане на изображения от ядрено магнитен резонанс и позитронно-емисионна томография на простатно-специфичния мембранен антиген – чрез процедури на обединяване в пространствена област; сливане, базирано на филтрация; обединяване на база преобразувания; сливане, базирано на разреждени представяния; методи, основани на дълбоко обучение и методи чрез размита логика. Не на последно място са изложени общите стратегии за сливане от гледна точка на анатомично-функционален аспект на образните данни. Отделено е място за анализ на проблемите при разглежданите две модалности картини. Отчетена е съществена роля на мултимодалната регистрация като ключово предварително изискване за последващото сливане. Разгледани са класическият подход, подходи с дълбоко обучение и подходи чрез класификация като са отбелязани основните предизвикателства пред тях. Разкрити са най-добрите към момента методи за регистрация и сливане на медицински изображения от различни модалности като са определени възможностите за бъдещо развитие за тях.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Избраната методика на изследване напълно съответства на поставената цел в дисертационния труд и свързаните с нея задачи за изпълнение. На първо място докторантът представя обобщено описание на предложения подход и след него на разработен алгоритъм, основан на многоетапна обработка от хибриден тип. Използва се обучение на мрежа от вида VoxelMorph. Анализирани са процесът на разпространение на полето на деформация. Открити и описани са предимства на индиректното включване на позитронно-емисионна томография на простатно-специфичния мембранен антиген и ядрено магнитния резонанс. Приложени са стъпки за предварителна обработка на изображенията. Анализирани са характеристиките на

шумовете в тях, на чиято база са потърсени най-подходящите стратегии за редуциране на нивата и е използван подход, който е алгоритмично изпълнен за тази цел. Сливане на изображения се реализира чрез уейвлетна функция. За тази цел е направен преглед на популярни от литературата функции като е избрана най-подходящата. Определя се дълбочината на декомпозиране. Самото сливане се прави на база няколко критерия – базирано на средната стойност, базирано на енергия, IHS базирано, базирано на адаптивно претегляне на енергията, базирано на претегляне на изтъкналостта и сливане с фиксирани тегла. Реконструкция и генериране на крайния вид на слетите обекти са описани като отделни алгоритми в дисертационния труд. При тестването на алгоритмите са използвани редица популярни набори от изображения като резултатните картини са оценени с няколко оценъчни метрики – базирани на интензитет, информационно-теоретични и качествени. Изграден е и протокол за оценка на качеството.

4. Характеристики на дисертационния труд

Дисертационният труд е с обем 188 страници. Той съдържа 18 таблици, 32 фигури и 56 математически израза. Използваната литература е оформена в списък със 111 заглавия на научни публикации като всички те са на английски език.

Съдържанието на дисертационния труд включва предговор, резюме, списък със съкращения, съдържание, списък с фигури, списък с таблици, 8 глави, приложение, списък с публикациите на докторанта, забелязани цитирания, получени награди и библиография. В Първа глава на първо място е направена обосновка на необходимостта от изследвания в посоката, избрана от докторанта. Дефинирана е същността на научния проблем. На тази база са дефинирани целта и задачите на дисертационния труд. В края на главата са описани очакваните резултати от изследванията. Във Втора глава обширно е разгледана важноста на визуализацията на простатна жлеза с цел определяне наличието или отсъствието на рак в нея. Посочени са трите най-перспективни модалности за нейното изобразяване – компютърно томографски изображения, изображения от ядрено магнитен резонанс и изображения от позитронно-емисионна томография на простатно-специфичния мембранен антиген. Анализирани са проблемите, свързани с получаването на артефакти и в трите вида изображения. След това са разгледани подходите за сливане на изображения от две модалности. Като се изхожда от основната процедура, постепенно са описани актуалните за практиката методи – обединяване в пространствена област, филтрационно базирани техники, трансформационно базирани процеси, разреждени представяния, дълбоко обучение и размита логика. Анализирани са и стратегиите за сливане на анатомично-функционални данни. Изтъкнати са основните недостатъци на така анализирания подход, които насочват към целта на дисертационния труд. В същата глава е представена регистрацията на изображения като необходима обработка, предшестваща сливането. Разгледани са няколко групи – класически подход, дълбоко обучение и др. Посочени са предизвикателствата пред всички тях. В края на главата е направен анализ на най-съществените резултати от литературния преглед и са посочени възможни насоки за научни изследвания. В Трета глава е дадено обобщено описание на предлагания подход за сливане на изображения. Описан е алгоритъм за многоетапна хибридна обработка. В Четвърта глава е представено обобщено описание на алгоритъм за регистрация на изображения от разглеждания вид, последвано от детайлизирано описание на двата етапа при регистриране. Предложено е обучение на мрежа

от типа VoxelMorph. Следва описание на трети етап на регистрация, свързано с разпространение на деформационно поле, както и с предимствата на индиректното включване на двата вида изображения. В Пета глава е предложена предварителна обработка на изображенията с цел повишаване на тяхното качество. Посочени са оценъчни параметри, чрез които да се определи полученото качество на картината. Предложени са методи за филтрация на двата вида изображения след начално определяне на характеристиките на шума. В Шеста глава се предлага използването на дискретни уейвлетни функции за сливане на изображенията. Изборът на конкретен вид функция е с основен акцент в анализа тук. Засегнато е и избора на ниво на декомпозиране. Оценени са няколко стратегии за обединение чрез следните функции – базирана на средна стойност, енергийно базирана, IHS базирана, адаптивно претеглена от енергиен вид, с претегляне на изпъкналостта и с фиксирани тегла. В края на главата е описано реконструирането и генерацията на крайния слят обем. В Седма глава са описани проведените експерименти, които потвърждават направените хипотези в предходните глави. Описани са използвани бази с тестови изображения. Дефинирани са метрики за качество с цел сравнение на резултатите от различни подходи за сливане. Описана е среда за разработката. След излагане на всички експериментални резултати са описани ограниченията на разработените алгоритми. В Осма глава са представени научно-приложните приноси на разработката и насоки за бъдеща работа.

5. Приноси в дисертационния труд

Докторантът е заявил 3 научни, 5 научно-приложни приноса и 2 приложни приноса.

Научните приноси са свързани с: разработката на всеобхватен подход за мултимодално сливане на изображения на простата от ядрено магнитен резонанс и позитронно-емисионна томография на простатно-специфичния мембранен антиген – тук се включва регистрация, предварителна обработка и тримерна уейвлетна декомпозиция – подходът дава по-добри резултати от други методи, известни в литературата; предложен е подход за пространствено наслагване на изображения от същите два типа като се използва компонента от компютърен томограф, играеща роля на междинна анатомична модалност – деформационното поле, което се получава е разширено към търсения обем; разработен е адаптивен VoxelMorph модел за деформираща регистрация с ограничени по обем клинични данни като се прилага обучение без учител, регуляризация на деформационно поле и обогатяване на данните.

Научно-приложните приноси са свързани с: разработването на алгоритъм за предварителна обработка на изображенията от горе посочените два вида като е включен етап на филтрация в зависимост от конкретната модалност; направено е сравнение на предложената VoxelMorph регистрация с класическите ANT и BRAINS методи върху едни и същи клинични случаи; разработен е алгоритъм с тримерен уейвлет за сливане на изображения от две модалности – извършва се отделна обработка и комбиниране на апроксимацията и детайлните коефициенти – наблюдава се подобро действие спрямо PCA, лапласова пирамида и curvelet преобразуване; извършен е систематичен анализ за влиянието на уейвлетната функция, нивото на декомпозиране и стратегията за сливане върху количествените и качествени характеристики на резултантните изображения – достигнат е оптимум при Meyer уейвлет, средно ниво на декомпозиране и сливане с

фиксиран тегла; разработен е комбинирана рамка за оценка на регистрацията, предварителната обработка и сливането при отсъствие на етикетирани тестова извадка с използването на количествени метрики и качествена експертна оценка.

Приложните приноси са свързани с: разработването на софтуерни модули на Python за регистрацията, предварителна обработка и количествена оценка на данните; разработен е графичен потребителски интерфейс за зареждане на тестовите изображения, избор на параметрите на алгоритъма за сливане, визуализация на крайните резултати и изчисляване на качествените метрики.

Всички завени приноси съответстват на представеното съдържание в дисертационния труд.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Разработените подходи, алгоритми и получените от тестването им експериментални резултати са докладвани в 7 научни публикации. Пет от тях са доклади от международни научни конференции, всички от които са индексирани в базата данни SCOPUS. Останалите 2 публикации са доклади от национални конференции с международно участие, 1 от които също е индексирани в SCOPUS. Всички публикации са на английски език като в 2 от тях докторантът е самостоятелен автор. Забелязано е 1 цитиране в чуждестранна публикация. Съдържанието и обемът на всички тези публикации отразява в голяма степен съдържанието на дисертационния труд в оригиналната му част, което свидетелства за широкото разпространение на получените резултати.

7. Оценка на автореферата на дисертацията

Към дисертацията има представен автореферат. Той включва основните резултати, получени от докторанта.

8. Препоръки и критични забележки

След начално запознаване с дисертационния труд бяха открити не голям брой неточности, преди всичко с технически характер. След разговор с докторанта тези неточности бяха отстранени и към момента нямам забележки по дисертационния труд.

9. Заключение

Дисертационният труд на маг. инж. Диана [] Цветкова на тема „АЛГОРИТМИ ЗА СЛИВАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТ ЯДРЕНО МАГНИТЕН РЕЗОНАНС И ПОЗИТРОННО-ЕМИСИОННА ТОМОГРАФИЯ НА ПРОСТАТНО-СПЕЦИФИЧНИЯ МЕМБРАНЕН АНТИГЕН“ съдържа достатъчни по обем оригинални експериментални резултати и теоретични модели, които подкрепят заявената теза чрез поставената цел и съответстват на решението на поставените задачи за изпълнение. Изпълнени са основните изисквания на ЗРАСРБ, правилника за неговото приложение и ПУРПНС на ТУ-София за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“, което ми дава основание да подкрепя придобиването на последната от маг. инж. Диана [] Цветкова.

01.09.2026 г.

гр. София

Изготвил: []

(доц. д-р Иво Драганов)

OTU 78-HCI-101
01.09.2026

REVIEW

on the dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor" in the professional field 5.3 Communication and Computer Engineering in the scientific specialty "Theoretical Foundations of Communication Engineering"

Author of the dissertation: **M.Eng. Diana Tsvetkova**

Author of the opinion: **Assoc. Prof. Dr. Eng. Ivo Draganov, Department of Radiocommunications and Videotechnologies, Faculty of Telecommunications, Technical University of Sofia**

Topic of the dissertation: **"ALGORITHMS FOR MULTIMODAL IMAGE FUSION OF MRI AND PSMA-PET IMAGE DATA OF THE PROSTATE"**

1. Relevance of the problem developed in the dissertation

Modern medical diagnostics is unthinkable without the use of images of organs of the human body. There are a large number of technical means for their acquisition – X-ray, computed tomography, nuclear magnetic resonance, positron emission tomography, ultrasound devices, etc. With the development of computer technology, it became possible to obtain the captured images in digital form. This, in turn, led to the possibility of applying multiple processing of these images in relatively short intervals of time while occupying relatively small amounts of memory – noise filtration, contrast enhancement, object segmentation, distance measurement and their change when comparing two or more images, reconstruction for the purpose of three-dimensional representation of organs of the human body from multiple images, etc. One of these modern processing is the fusion of images, and in particular those obtained from nuclear magnetic resonance and positron emission tomography of the prostate-specific membrane antigen. The result of this fusion as an intermediate stage of a more complex series of transformations immensely facilitates the process of analyzing the condition of the prostate and making a timely diagnosis and concomitant treatment of the person.

One of the great advantages of using nuclear magnetic resonance is obtaining images with high resolution and high contrast, even in areas occupied by soft tissues. Sometimes an obstacle to the interpretation of these images are artifacts and lesions, as well as a change in the background in larger anatomical areas caused by unwanted patient movement, rectal gas, etc. In turn, positron emission tomography of the prostate-specific membrane antigen can provide additional information about the formation of areas of the tissue representing a tumor formation. The fusion of the two imaging modalities leads to a more detailed depiction of the condition of the prostate, as lesions can be distinguished more clearly, instrumentation can be directed during biopsy, the stage of development of low-quality formations can be determined, etc. There is still a low prevalence of combined devices for positron emission and nuclear magnetic tomography. It is a common practice to obtain the two types of images separately in two independent examinations of the patient. This requires the fusion of the obtained images with high accuracy of coincidence

between the same anatomical areas. This task, solved entirely by software, is of high complexity and defines the problem considered by the doctoral student as extremely topical.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material

The doctoral student has shown good knowledge of the state of the problem and has made a broad creative interpretation of the literary material in the first two chapters of the dissertation. To begin with, the need for research in the given area is stated, the specific problem is defined and the goal and objectives of the dissertation are formulated on it. The expected contributions as a result of the work on the topic are also described. In the part on literary analysis, the doctoral student has reviewed the essence of prostate cancer as a medical phenomenon and the need for timely treatment. The imaging of the prostate using computed tomography, nuclear magnetic resonance and positron emission tomography of the prostate-specific membrane antigen has been analyzed, and for each of the devices used, it has been determined what artifacts are introduced into the images during the imaging. Then, attention has been paid to the possibilities for merging images from nuclear magnetic resonance and positron emission tomography of the prostate-specific membrane antigen - through procedures of merging in the spatial domain; merging based on filtration; merging based on transformations; merging based on sparse representations; methods based on deep learning and methods using fuzzy logic. Last but not least, general strategies for merging are presented from the point of view of the anatomical-functional aspect of the image data. A place is allocated for the analysis of the problems in the two image modalities under consideration. The essential role of multimodal registration as a key prerequisite for the subsequent merging has been taken into account. The classical approach, deep learning approaches and approaches through classification, with the main challenges facing them noted. The best methods for registration and fusion of medical images from different modalities are revealed, and the possibilities for their future development are determined.

3. Compliance of the selected research methodology with the set goal and tasks of the dissertation work

The selected research methodology fully complies with the set goal in the dissertation work and the tasks related to it for implementation. First of all, the doctoral student presents a summarized description of the proposed approach and then a developed algorithm based on multi-stage processing of a hybrid type. VoxelMorph network training is used. The process of propagation of the deformation field is analyzed. Advantages of the indirect inclusion of positron emission tomography of prostate-specific membrane antigen and nuclear magnetic resonance are discovered and described. Steps for pre-processing of the images are applied. The characteristics of the noise in them were analyzed, on the basis of which the most suitable strategies for reducing the levels were sought and an approach was used that was algorithmically implemented for this purpose. Image fusion is implemented using a wavelet function. For this purpose, a review of popular functions from the literature was made and the most suitable one was selected. The depth of decomposition is determined. The fusion itself is performed based on several criteria - based on the average value, based on energy, IHS based, based on adaptive energy weighting, based on

convexity weighting and fusion with fixed weights. Reconstruction and generation of the final form of the fused volumes are described as separate algorithms in the dissertation work. A number of popular image sets were used when testing the algorithms, and the resulting images were evaluated with several evaluation metrics - based on intensity, information-theoretic and quality. A quality assessment protocol was also built.

4. Characteristics of the dissertation

The dissertation is 188 pages long. It contains 18 tables, 32 figures and 56 mathematical expressions. The literature used is presented in a list of 111 titles of scientific publications, all of which are in English.

The content of the dissertation includes a preface, summary, list of abbreviations, table of contents, list of figures, list of tables, 8 chapters, appendix, list of publications of the doctoral student, noted citations, awards received and bibliography. In the First Chapter, first of all, a justification is made of the need for research in the direction chosen by the doctoral student. The essence of the scientific problem is defined. On this basis, the goal and objectives of the dissertation are defined. At the end of the chapter, the expected results of the research are described. In the Second Chapter, the importance of prostate gland visualization in order to determine the presence or absence of cancer in it is extensively discussed. The three most promising modalities for its imaging are indicated – computed tomography images, nuclear magnetic resonance images and prostate-specific membrane antigen positron emission tomography images. The problems associated with obtaining artifacts in all three types of images are analyzed. Then, the approaches for merging images from two modalities are considered. Starting from the basic procedure, the methods that are relevant to practice are gradually described – spatial domain fusion, filtration-based techniques, transformation-based processes, sparse representations, deep learning and fuzzy logic. The strategies for merging anatomical-functional data are also analyzed. The main shortcomings of the thus analyzed approaches are highlighted, which point to the goal of the dissertation work. In the same chapter, image registration is presented as a necessary processing preceding the fusion. Several groups are considered – classical approach, deep learning, etc. The challenges facing all of them are indicated. At the end of the chapter, an analysis of the most significant results of the literature review is made and possible directions for scientific research are indicated. In the third chapter, a generalized description of the proposed approach for image fusion is given. An algorithm for multi-stage hybrid processing is described. In the fourth chapter, a generalized description of an algorithm for image registration of the considered type is presented, followed by a detailed description of the two stages of registration. Training of a VoxelMorph type network is proposed. The following is a description of the third stage of registration, related to the propagation of a deformation field, as well as the advantages of the indirect inclusion of both types of images. In Chapter Five, a pre-processing of the images is proposed in order to increase their quality. Evaluation parameters are indicated, by which to determine the resulting image quality. Methods for filtering the two types of images after an initial determination of the noise characteristics are proposed. In Chapter Six, the use of discrete wavelet functions for merging the images is proposed. The choice of a specific type of function is the main emphasis in the analysis here. The choice of the decomposition level is also affected. Several strategies for unification are evaluated using the following functions – average-based, energy-based, IHS-based, adaptively

weighted by energy type, with convexity weighting and with fixed weights. At the end of the chapter, the reconstruction and generation of the final merged volume are described. Chapter Seven describes the experiments conducted to confirm the hypotheses made in the previous chapters. Test image databases are described. Quality metrics are defined to compare the results of different fusion approaches. The development environment is described. After presenting all the experimental results, the limitations of the developed algorithms are described. Chapter Eight presents the scientific and applied contributions of the development and directions for future work.

5. Contributions to the dissertation

The doctoral student has declared 3 scientific, 5 scientific-applied contributions and 2 applied contributions.

The scientific contributions are related to: the development of a comprehensive approach for multimodal fusion of prostate images from nuclear magnetic resonance and positron emission tomography of prostate-specific membrane antigen – this includes registration, preprocessing and three-dimensional wavelet decomposition – the approach gives better results than other methods known in the literature; an approach for spatial superposition of images of the same two types is proposed using a component from a computed tomograph, playing the role of an intermediate anatomical modality – the deformation field that is obtained is extended to the searched volume; an adaptive VoxelMorph model for deformable registration with limited clinical data volume is developed by applying unsupervised learning, deformation field regularization and data enrichment.

The scientific and applied contributions are related to: the development of an algorithm for pre-processing images of the above two types, including a filtration stage depending on the specific modality; a comparison of the proposed VoxelMorph registration with the classical ANT and BRAINS methods on the same clinical cases was made; an algorithm with a three-dimensional wavelet for merging images of two modalities was developed - separate processing and combination of the approximation and detailed coefficients were performed - improved performance was observed compared to PCA, Laplace pyramid and curvelet transform; a systematic analysis of the influence of the wavelet function, the level of decomposition and the fusion strategy on the quantitative and qualitative characteristics of the resulting images was performed - an optimum was reached with Meyer wavelet, average level of decomposition and fusion with fixed weights; a combined framework for evaluating registration, preprocessing and fusion in the absence of a labeled test sample using quantitative metrics and qualitative expert assessment has been developed.

The applied contributions are related to: the development of Python software modules for registration, preprocessing and quantitative data evaluation; a graphical user interface has been developed for loading test images, selecting the parameters of the fusion algorithm, visualizing the final results and calculating the qualitative metrics.

All listed contributions correspond to the content presented in the dissertation.

6. Assessment of publications on the dissertation work

The developed approaches, algorithms and the experimental results obtained from their testing have been reported in 7 scientific publications. Five of them are reports from international scientific conferences, all of which are indexed in the SCOPUS database. The remaining 2 publications are reports from national conferences with international participation, 1 of which is also indexed in SCOPUS. All publications are in English, and in 2 of them the doctoral student is an independent author. 1 citation in a foreign publication was noted. The content and volume of all these publications largely reflect the content of the dissertation in its original part, which testifies to the wide dissemination of the results obtained.

7. Evaluation of the dissertation abstract

An abstract is submitted with the dissertation. It includes the main results obtained by the doctoral student.

8. Recommendations and critical remarks

After an initial review of the dissertation, a number of inaccuracies were discovered, primarily of a technical nature. After a conversation with the doctoral student, these inaccuracies were eliminated and I currently have no critical remarks on the dissertation.

9. Conclusion

The dissertation work of M.Sc. Diana Tsvetkova on the topic "ALGORITHMS FOR MULTIMODAL IMAGE FUSION OF MRI AND PSMA-PET IMAGE DATA OF THE PROSTATE" contains sufficient original experimental results and theoretical models that support the stated thesis through the set goal and correspond to the solution of the tasks set for implementation. The main requirements of the ZRASRB, the regulations for its application and the PURPNS of TU-Sofia for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor" have been met, which gives me reason to support the acquisition of the latter by M. Eng. Diana Tsvetkova.

01.09.2026

Sofia, Bulgaria

Prepared by: ..

(Assoc. Prof. Dr. Ivo Draganov)