

01.09.2020

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ
"СФ" - ТЪРНОВО

Преводи Търново

Устни и писмени езикови преводи
гр. В. Търново, ул. В. Левски 9, ет.2
Моб. тел.: 0878 63 7979
prevodi.tarnovo@gmail.com
www.prevodi-tarnovo.com



Tarnovo Translations

Translation & Interpretation Services
Veliko Tarnovo, 9 V. Levski Str., 2nd fl.
Mobile: +359 878 63 7979
prevodi.tarnovo@gmail.com
www.prevodi-tarnovo.com

Превод от английски на български език

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната 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

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

Рецензент: проф. д-р инж. Клаус Тьонисс

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Представеният дисертационен труд съдържа значителна по обем работа по сложна тема, като съчетава по нов начин различни методологични концепции. Целта е да се разработи метод, който представя функционалната и анатомичната информация при лечението на рак на простатата по по-добър начин от използвания понастоящем. Въпреки че мотивацията, т.е. диагностицирането на патологията и проследяването на ефективността на нейното лечение, не е нова, новост представляват функционалните изображения, които се използват за тази цел. Основният проблем е такива функционални изображения да бъдат съпоставени със съответните анатомични изображения. В своята работа авторът се съсредоточава върху два съществени аспекта: точно регистриране на функционалните и анатомичните изображения и ефективна визуализация на регистрираната, комбинирана информация от тези два източника. Първият аспект представлява сложен проблем, тъй като изисква определяне на подходящи критерии за регистрация и разработване на алгоритъм за оптимизиране на регистрацията според тези критерии. Вторият аспект е в известна степен по-малко сложен и изисква метод за еднозначно представяне на тази информация на потребителя.

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

Работата в дисертацията е мотивирана чрез подробно описание на анатомичните и функционалните образни методи, използвани за диагностика и контрол на лечението. След това е представена концепция за използването на тези изображения за тази цел. Необходимата методология трябва да регистрира функционалната и анатомичната информация и да ги обедини в обща визуализация. Авторът представя обширен анализ на съвременното състояние на методите за подобряване на изображения, регистрация и сливане, който показва необходимостта от нови методи във всяко от тези направления, за да се постигне подходящо решение. Разгледани са съществуващите подходи за регистрация на ПЕТ/КТ-ПСМА с ЯМР. Анализът показва, че полезността им за диагностиката зависи от качеството на регистрацията и че съществуващите методи постигат само умерен успех в това отношение. Представеният в дисертацията анализ на съвременното състояние при сливането на изображения показва, че сравнително малко изследователски групи са работили по сливането на ПЕТ-ПСМА изображения с анатомични изображения.

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

Авторът правилно идентифицира ограниченията и в двете направления, които са свързани основно с недостатъчното използване на концепции за дълбоко обучение за преодоляване на някои от проблемите, свързани с ниското качество на регистрацията, и – въз основа на това – с недостатъчното извличане на информация от сливането на регистрирани изображения. Това мотивира работата на дисертанта по регистрацията и сливането на изображения. Основна част от дисертацията е включването на концепции за дълбоко обучение в последователността за обработка с цел подобряване на качеството на регистрацията чрез обучение върху примери за оптимизиране на регистрационната трансформация. Авторът правилно отчита липсата на стандарт за валидиране на регистрацията (тъй като изображенията, които трябва да бъдат регистрирани, често са получени в различни моменти), както и липсата на методи за регистрация и сливане, които при тези условия да осигуряват коректно регистрирани изображения. Целта на дисертацията е създаването на обща рамка, предоставяща интегрирано решение, подходящо за образно-базирана диагностика. Това изисква ново решение на сложен проблем от областта на компютърните науки в реалистично приложение в медицинските науки.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Приносите са многобройни. На първо място, авторът внимателно анализира проблема, т.е. вида информация, необходима за диагностициране на рак на простатата въз основа на изображения (включително стадиране) и за проследяване на хода на лечението. След това различните видове изображения (ЯМР, КТ и различни функционални изображения) са характеризирани според начина, по който представят различни аспекти на тази информация. Основният принос е ново решение за използване на тази образна информация като част от диагностичния процес чрез разработване на последователност от стъпки за извличане на информацията и комбинирането ѝ в общо изображение. То ясно надхвърля съвременното състояние на използването на ЯМР и КТ/ПСМА изображения, представено от автора във въведението на дисертацията. Авторът демонстрира качеството на предложеното решение върху различни типове изображения, обхващащи разнообразни типични протоколи за образна диагностика, използвани в болничната практика. Следователно сценарият за валидиране е реалистичен спрямо предвиденото приложение на разработената от автора последователност от процеси.

5. Научни, научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд

Новостта на разработките се състои в задълбочена оценка на съвременните методи, които впоследствие са адаптирани и комбинирани с цел преодоляване на проблеми, свързани с качеството на съществуващите методи за анализ на комбинирани ЯМР и ПСМА-ПЕТ/КТ изображения. При регистрацията авторът разделя метода на няколко стъпки, които осигуряват междинни решения и впоследствие ги комбинира. Методите са подбрани според характеристиките на всяка отделна стъпка, като традиционни методи за регистрация се съчетават с обучаемата регистрация (чрез дълбоко обучение) за междинните етапи, при които традиционните методи не дават достатъчно добри резултати.

Резултатът е нов подход с потенциал да надмине качеството на съществуващите методи. Освен това той може да улесни анализа и решаването на проблеми при обработката на данните, тъй като те могат да бъдат отнесени към конкретна междинна стъпка, която впоследствие да бъде коригирана.

Същото се отнася и за потискането на артефакти в изображенията на етапа на предварителна обработка преди регистрацията. Това е мотивирано от зависимостта на успешната регистрация от качеството на изображенията. Въз основа на внимателен анализ на данните авторът успешно представя и използва подходящи методи.

Подобна стратегия е избрана и за последващото сливане на регистрираните изображения. И тук процесът е разделен на последователност от стъпки. Авторът избира съвременни методи (уейвлет декомпозиция за сливане на

изображения въз основа на разлагането им при различни пространствени разделителни способности). Новостта тук се състои в дефинирането на последователността за обработка и възможността за използване на адаптивни – следователно обучаеми – методи за сливане на изображенията. Самото сливане, т.е. представянето на информацията от двата източника на данни в едно общо изображение, следва утвърдени практики, при които се използват цвят и контраст за комбиниране на функционална и анатомична информация.

Значителна част от дисертацията е посветена на експерименти, свързани с предварителната обработка на изображенията, методите за регистрация и приложените техники за сливане. За сравнение на методите със съвременни подходи са използвани утвърдени метрики. Резултатите показват, че комбинацията от методи, включително направените от автора адаптации, превъзхожда други методи. Това подкрепя твърдението, че предложеният метод може да надмине съществуващите техники в клиничната практика, и показва, че представената работа представлява съществен научен напредък.

Липсва сравнение с еталонни данни (ground truth) от клинична гледна точка. Това е често срещан проблем, тъй като такива еталонни данни не съществуват – нито за регистрацията, нито за информацията, която трябва да бъде извлечена от слетите изображения – и оценката следва да бъде допълнена чрез експертни мнения в рамките на отделен научноизследователски проект. Това представлява значително по обем начинание, което, надявам се, ще бъде реализирано в последващ проект с клинична насоченост.

6. Оценка на публикациите по дисертационния труд

Различни аспекти от дисертационния труд са публикувани на няколко национални и международни конференции. Влиянието на конференциите е сравнително ниско, но публикуването на конференции от висок ранг вероятно е било възпрепятствано от ограничените средства за пътуване. Някои от публикациите са получили цитирания (самоцитирания, но поне едно цитиране с от друг автор). Въпреки че публикация в списание от висок ранг би увеличила видимостта на работата сред научната общност, публикациите показват, че работата на автора е получила достатъчно признание от научната общност, което подкрепя научната стойност на представения дисертационен труд.

7. Оценка на степента на личното участие на дисертанта в приносите

Представената в дисертацията работа е резултат от научноизследователската дейност на автора Диана Цветкова. В хода на изследването тя си сътрудничи с медицински партньор по отношение на достъпа до медицинските данни, обсъждането на тяхното използване за диагностика и планиране на лечението, както и оценката на качеството на получените методи. Това сътрудничество е ясно посочено в дисертацията. Самата научноизследователска работа обаче, т.е. анализът на съвременното състояние, както и разработването и анализът на

алгоритми за решаване на приложния проблем, е индивидуална работа на автора на дисертацията. Някои от методите, интегрирани в разработените последователности за обработка, са адаптирани от други автори, които са коректно цитирани, и това не поставя под съмнение оригиналността на собствената ѝ работа.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

Представената в дисертацията методология е нова. Тя е тествана в сътрудничество с партньор от областта на медицинските науки. Резултатите показват, че методологията би могла да бъде полезна като част от диагностичния процес при рак на простатата. Все още е твърде рано да се очаква широко приложение в клиничната практика. Естествената следваща стъпка в развитието на тази работа би била започването на нов клиничен научноизследователски проект. Сравнението на новата концепция със съществуващите диагностични методи върху представителен набор от данни би позволило да се оценят предимствата на новия метод от клинична гледна точка.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд

Авторефератът отразява добре съдържанието на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и забележки

Дисертационният труд представя ново решение на сложен диагностичен проблем. Първите резултати показват, че то позволява сливането на функционална и анатомична информация по начин, който може да повиши диагностичната стойност на информацията, получена от два различни източника. Би било особено полезно работата в това направление да продължи чрез добавяне на клиничен научноизследователски проект за оценка на напредъка по отношение на използването на ЯМР и ПЕТ-ПСМА за диагностика. Публикуването на методологията и резултатите от такъв клиничен научноизследователски проект в списание от висок ранг би подпомогнало разпространението на разработената нова методология сред медицинската общност.

11. Заключение

Въз основа на гореизложеното давам положителна оценка на представения дисертационен труд на тема „АЛГОРИТМИ ЗА СЛИВАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТ ЯДРЕНО-МАГНИТЕН РЕЗОНАНС И ПОЗИТРОННО-ЕМИСИОННА

ТОМОГРАФИЯ НА ПРОСТАТНО-СПЕЦИФИЧНИЯ МЕМБРАНЕН АНТИГЕН“ с автор маг. инж. Диана Цветкова. Считам, че той е разработен в съответствие със Закона за развитието на академичния състав в Република България, Правилника за прилагането му и Правилника за условията и реда за придобиване на научна степен в ТУ-София. Поради това предлагам на уважаемото Научно жури да присъди на маг. инж. Диана Цветкова образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“, научна специалност „Теоретични основи на комуникационната техника“.

Берлин, 10.08.2026 г.

(проф. д-р инж. Клаус Тьонис)

Аз, долуподписаната Екатерина Стоянова, удостоверявам верността на извършения от мен превод от английски на български език на приложения документ (Рецензия). Преводът се състои от 6 (шест) страници.

Преводач: Екатерина Стоянова

01.09.2026



REVIEW

on a 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: MSc. Eng. Diana [redacted] Tsvetkova

Topic of the dissertation: "ALGORITHMS FOR FUSION OF NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE IMAGES AND POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY OF PROSTATE-SPECIFIC MEMBRANE ANTIGEN"

Reviewer: Prof. Dr.-Ing. Klaus [redacted] Tönnies

1. Actuality of the problem developed in the dissertation work in scientific and scientific-applied terms

The submitted thesis presents substantial work on a difficult subject by combining various methodological concepts in a novel way. The aim is to come up with a method that presents functional and anatomic information in the treatment of prostate cancer in a better way than it is currently the case. Although the motivation, i.e. to diagnose the pathology and to track the effectiveness of its treatment, is not new, the functional images to be used for this is new. The main problem is to map such functional images onto corresponding anatomic images. The author concentrates with her work on two relevant aspects: an exact registration of functional and anatomic images and an efficient visualization of the registered, combined information from these two sources of information. The former is a difficult problem as it requires to establish proper registration criteria for this and to come up with an algorithm to optimize registration according to these criteria. The latter is difficult to a somewhat lesser extent and requires a method for unambiguous communication of this information to the user.

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

The work in the thesis is motivated by a careful description of the anatomical and functional imaging techniques that are used for diagnosis and treatment control. This is followed by presenting of a concept how to use these images for this purpose. The required methodology needs to register functional and anatomic information and to fuse it in a common visualization. The author presents an extensive discussion of the state of the art for image enhancement, registration and fusion which shows that new methods on each of the subjects are needed to come up with a suitable solution. The author discusses existing approaches to register PET/CT-PSMA with MRI. It shows that the usefulness for diagnosis depends on the quality of registration and that existing methods are just moderately successful in this respect. The state-of-the-art

analysis on image fusion presented in the thesis shows that only few groups have worked on this regarding the fusion of PET-PSMA images with anatomical images.

3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the contributions achieved

The author correctly identifies a gap in both subjects which mainly relates to a certain lack of using deep learning concepts to overcome some of the problems related to low quality registration and – based on this – a certain lack of information gain from fusing registered images. It motivates her work on registration and image fusion. The main part of the thesis is to include deep learning concepts into the processing pipeline to improve registration quality by learning information for optimizing the registration transformation from examples. The author correctly identifies the lack of a validation standard for registration (since images to be registered are often taken at different times) and the missing of registration and fusion methods to come up with correctly registered images under these conditions. The goal of the thesis is a common framework to provide an integrated solution suitable for image-based diagnosis. It requires a novel solution for a difficult computer science problem in a realistic application in the medical sciences.

4. A brief analytical characterization of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are built

Contributions are manifold. First, the author carefully analyzed the problem, i.e., the kind of information that is needed to diagnose prostate cancer based on images (including staging) and to follow the progress of its treatment. Then, the different kinds of images (MRI, CT and various functional images) have been characterized as to how they convey different aspects of this information. The main contribution is a novel solution to use this image information as part of the diagnosis process by developing a sequence of steps to extract the information and to combine it in a common image. It clearly exceeds the current state-of-the-art in using MRI and CT/PSMA images as presented by the author in the introduction of her thesis. The author demonstrated the quality of her solution on different types of images that cover various typical imaging protocols in hospitals. Hence, the validation scenario is realistic for the intended application of the sequence of processes developed by the author of this thesis.

5. Scientific and/or applied scientific contributions of the dissertation

The novelty of the works consists of a careful assessment of state-of-the-art-methods that are then adapted and combined to resolve issues with the quality of existing analysis methods from combined MRI and PSMA PET/CT. For registration, the author separates the method into several steps that provide intermediate solutions that

are then combined. Methods are selected according to the characteristic of each of the steps, combining traditional registration methods with trained registration (via deep learning) for intermediate steps where traditional methods fail.

The result is a novel approach with the potential to surpass the quality of current approaches. It may also be easier to analyze and solve data analysis problems since they may be attributed to a specific intermediate step which than may be corrected.

It is also true for suppression of image artefacts in a preprocessing step before registration. It is motivated by the dependence of registration success on image quality. The author succeeds in presenting and using suitable methods based on a careful data analysis.

A similar strategy was chosen for subsequent image fusion of registered images. Again, the process is divided into a sequence of steps. The authors choses state-of-the-art-methods (a wavelet decomposition to fuse images from an image decomposition at different spatial resolutions). The novelty here is a definition of the processing pipeline and the ability to use adaptable – hence trainable – methods to fuse the images. The fusion itself, i.e., the presentation of information from the two data sources in a common picture, follows established practices that use color and contrast to combine functional and anatomic information.

A large part of the thesis discusses experiments regarding image preprocessing, registration methods and applied fusion techniques. Established metrics have been used to compare the methods with state-of-the-art methods. It shows that the combination of methods including their adaptation by the author is superior with respect to other methods. It supports the claim that the method may surpass existing techniques in clinical practice and shows that the presented work represents a substantial scientific advance.

A comparison with ground truth from a clinical standpoint is missing. It is a common problem as such ground truth does not exist - neither for registration nor for information to be extracted from fused images - and needs to be complemented by relying on expert opinions in a separate research project. It is a significant undertaking, which hopefully will be carried out in a clinically oriented follow-up project.

6. Assessment of dissertation publications

Various aspects of the PhD thesis have been published on several national and international conferences. The impact of the conferences is a bit low but publishing at high class conference may have been hindered by limited travel funds. Some of the publications have received citations (self-citations but at least one citation by another author). Although publication in a high-level journal would have increased visibility of the work to the research community, the publications show that the work of the author has been sufficiently accepted by the research community underpinning the scientific value of the submitted thesis.

7. Assessment of the degree of the dissertation candidate's personal participation in the contributions

The presented work in the thesis is the result of research of the author, Diana Tsvetkova. She collaborated with a medical partner during her research work regarding access to the medical data, discussion of its use for diagnosis and treatment planning as well as the assessment of the quality of the resulting methods. This collaboration is clearly indicated in the thesis. However, the research work itself, i.e., state-of-the-art analysis as well as development and analysis of algorithms for solving the application problem, is the individual work of the author of this thesis. Some of the methods that have been integrated in her processing pipelines have been adapted from other authors that have been correctly cited and that do not compromise the originality of her own work.

8. Use the results of the dissertation in scientific and social practice

The presented methodology in the thesis is new. It has been tested in collaboration with a partner from the medical sciences. Results indicate that it could be useful as part of the diagnosis process for the diagnosis of prostate cancer. It is too early to expect widespread use in clinical practice. The natural next step with regard to this work would be to start a new, clinical research project. A comparison of the new concept with existing diagnostic methods on a representative dataset should enable assessing benefits of the new method from a clinical perspective.

9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work

The abstract describes the content of the thesis well.

10. Opinions, recommendations and remarks

The thesis presents a novel solution to a difficult diagnosis problem. First results indicate that it enables fusion of functional and anatomic information so that it may enhance the diagnostic quality of information stemming from two different sources. It would be really worthwhile to continue along this path by adding a clinical research project to assess progress with regard the use of MRI and PET-PSMA for diagnosis. Publishing methodology and results from such clinical research project in a high-class journal should promote the dissemination of the new methodology developed into the medical community.

11. Conclusion

Based on the above, I give a positive assessment of the presented dissertation on the topic "ALGORITHMS FOR FUSION OF NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE IMAGES AND POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY OF PROSTATE-SPECIFIC MEMBRANE ANTIGEN" with the author MSc. Eng. Diana Tsvetkova. I believe that it was developed in accordance with the Act on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria, The Regulations for its implementation and the relevant regulations of the Technical University – Sofia. Therefore, I propose to the Honorable Scientific Jury to award **MSc. Eng. Diana Tsvetkova** the educational and scientific degree "Doctor" in the professional field **5.3 Communication and Computer Engineering**, scientific specialty "Theoretical Basics of Communication Technique".

Berlin, 10. 08.2026

(Prof. Dr.-Ing. Klaus Tönnies)