

Рецензия

по процедура за защита на дисертационен труд на тема:

„Изкуствен интелект в радиогеномиката: Иновации в подкрепа на диагностика, терапевтични решения и прогностика в онкологията“

за придобиване на

образователна и научна степен „доктор“

от

кандидат: **Мария Димитрова Митева**,

Област на висше образование: **4. Природни науки, математика и информатика**

Професионално направление: **4.6. Информатика и компютърни науки**

Докторска програма: **„Компютърни науки – Машинно самообучение“**, катедра:
„Компютърна Информатика“,

Факултет по математика и информатика (ФМИ),

Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ),

Рецензията е изготвена от: **доц. д-р Йоаннис Парменион Патиас – КИ/ ФМИ/ СУ**,

(академична длъжност, научна степен, име, презиме, фамилия - месторабота)

в качеството ми на член на научното жури, съгласно Заповед № РД 38-233/7.05.2025 г.

на Ректора на Софийския университет.

1. Обща характеристика на дисертационния труд и представените материали

Докторантката Мария Димитрова Митева е представила като материали по защитата си текст на дисертационен труд на английски език, автореферати на български и английски, както и останалите необходими документи, декларации и удостоверения.

Представеният дисертационен труд съдържа 149 страници. Структуриран е в седем глави и включва списък с използвани 158 източника.

Посочените източници са както основополагащи за отделни области на изследването, така и отразяващи най-новите развития в тях. Всички източници са цитирани в текста, давайки необходимата обосновка, където е необходимо.

Трудът съдържа 23 фигури и 7 таблици. Представени са също два откъса от код и 31 математически формули, както и списък със съкращенията, речник на термините и резюме, което предоставя в съкратен вид контекста на читателите.

2. Данни и лични впечатления за кандидата

Запознах се с работата на докторанта по времето на Пролетната Научна Сесия на ФМИ и на ISESIA, но имах привилегията да се запозная по-отблизо с Мария Митева като подготвящ вътрешната ѝ рецензия. Тя е дългогодишен експерт в областта на изкуствения интелект. Разполага с дълбоки теоретични познания, но и практически опит свързани с статистическия анализ и математическото моделиране.

Като докторант допринесла за преодоляването на липсата на практическо внедряване на теоретичните изследвания в реални приложения, усъвършенствайки подхода за моделиране на една много специфична област.

3. Съдържателен анализ на научните и научноприложните постижения на кандидата, съдържащи се в представения дисертационен труд и публикациите към него, включени по процедурата

Дисертационният труд има за цел да „създаде усъвършенствани модели на машинно обучение, които интегрират множество източници на данни с цел предсказване на статуса на MGMT метилиране при пациенти с глиобластом“. Целта се конкретизира на база описаните четири задачи с изследователски и приложен характер, а именно:

- *Изследване на неинвазивни подходи за предсказване на статуса на MGMT метилиране*
- *Дизайн и разработка на нова мултимодална рамка за машинно обучение*
- *Оценка на техники за интеграция на данни и*
- *Комплексна валидация на мултимодалния подход*

Докторантката се е справила с поставените задачи. Използваният подход съвместява радиологията и геномиката чрез обединяване на мултимодални набори от данни. Използвайки неинвазивни методи, като изображения от ЯМР в комбинация с геномни и клинични данни, се предсказва статуса на MGMT метилиране - изключително важна и съвременна предметна област.

Приносът на работата може да се характеризира като комбинация от теоретични и приложни изследвания. Прави положително впечатление изчерпателното представяне на теоретичните основи и актуалното състояние на

четири ключови компонента на изкуствения интелект (ИИ) в медицинската образна диагностика. Описани са именно конволюционните невронни мрежи (CNNs), класът невронни мрежи Capsule Networks (CapsNets), трансферирано обучение и ансамблово машинно обучение. Много успешно са обхванати и описани технологията на ЯМР и стандартът за медицински изображения DICOM в контекста на анализа на медицински изображения с помощта на ИИ.

Представени са някои основни етични съображения свързани с въвеждането на ИИ в медицинската практика. Описани са защитата на личните здравни данни на пациентите, справедливостта в алгоритмичните резултати, прозрачността и отчетност в процеса на вземане на решения, както и предотвратяването на задълбочаване на социалните неравенства.

Методите за моделиране и данните за доказване на предложенията са описани заедно, което затруднява разграничаването на използваните съществуващи методи от въведените от докторантката изследователски подобрения. Задачите на работата са многослойни и не позволиха да се опишат по-изчерпателно методическите подобрения въведени от докторантката. Прави се опит за въвеждане на повече яснота относно спецификацията на данните и дизайнът на експеримента, но и пак те се представят заедно с описанието на приносите на докторантката.

Целта на дисертационния труд е сложна и комплексна, такива са и използваните модели. В резултат, от направеното изложение остава впечатление за описание на откъснати от между си и не взаимно свързани елементи. Дори така, обаче, личи задълбоченото познание и общият поглед на докторантката към отделните компоненти.

4. Аprobация на резултатите

Дисертационният труд е оформен на базата на резултатите, представени в следните три публикации:

[1] Mariya Miteva, Maria Nisheva-Pavlova, *Clinical and Acquisition Data for Optimizing MGMT Methylation Status Prediction: A Comprehensive Ensemble Strategy Emphasizing Non-invasive Approaches.*

Описание: Тази статия представя цялостна ансамблова стратегия за оптимизиране на предсказването на MGMT метилационен статус, като акцентът е върху неинвазивни подходи, използващи комбинация от клинични данни и данни от образни изследвания. Изследването цели подобряване на точността на прогнозата

чрез интегриране на различни източници на информация, което е от съществено значение за персонализираната медицина при мозъчни тумори.

Представяне: Резултатите са представени на конференцията AIMSА 2024 (Artificial Intelligence: Methodology, Systems, and Applications) и са публикувани в престижната поредица Lecture Notes in Computer Science на издателство Springer, Cham.

Показатели: SJR: 0.61 (2023), Scopus Q2. Към момента на тази справка, информация за брой цитати не е налична.

[2] Mariya Miteva, Maria Nisheva-Pavlova, The power of integrating multiple data sources in medical imaging: A study of MGMT methylation status.

Описание: Тази публикация изследва потенциала на интегрирането на множество източници на данни в медицинските изображения за по-точно определяне на MGMT метилационния статус. Акцентира се върху силата на мултимодалния подход за извличане на по-пълна и надеждна информация, която е ключова за диагностицирането и прогнозирането при глиобластоми.

Представяне: Резултатите са представени на научна конференция и са публикувани в сборника Procedia Computer Science, който е индексирани в Scopus.

Показатели: SJR: 0.51 (2023). Към момента на тази справка, информация за брой цитати не е налична.

[3] Mariya Miteva, Maria Nisheva-Pavlova, Preprocessing techniques for brain mri scans: a comparative analysis for radiogenomics applications.

Описание: В тази статия се извършва сравнителен анализ на различни техники за предварителна обработка на мозъчни MRI сканирания, специално оптимизирани за приложение в радиогеномиката. Изследването е фокусирано върху това как правилната предварителна обработка може значително да повлияе на точността и надеждността на резултатите при извличане на биомаркери от медицински изображения.

Представяне: Резултатите са публикувани в Годишника на Софийския университет „Св. Климент Охридски“, Факултет по математика и информатика.

Показатели: Няма посочени SJR/Scopus данни. Към момента на тази справка, информация за брой цитати не е налична.

Дисертационният труд представлява синтез на изследванията, представени в трите посочени публикации, като всеки принос е конкретно адресиран в една или повече от тях:

Приносът отнасящ се към рамката за интеграция на мултимодални данни (*Multimodal Data Integration Framework*) е централен за първата [1] и втората [2] статия. Първата [1] представя цялостна ансамблова стратегия за оптимизиране на прогнозата чрез интегриране на клинични и образни данни, а втората [2] подчертава значението на интегрирането на множество източници на данни в медицинските изображения за предсказване на MGMT метилационния статус.

Приносът касаещ избора и ранкирането на радиомични характеристики за прогнозиране на MGMT метилиране (*Radiomic Feature Selection and Ranking for MGMT Methylation Prediction*) е най-ясно изразен в първата статия [1]. Там се описва цялостната стратегия, която включва оптимизация на предсказването на MGMT метилационен статус.

Приносът свързан с подобряването на техниките за обобщаване чрез подреждане (*Stacking Generalization Techniques*) също е основна част от статия [1], като се фокусира върху прилагането на техники за ансамблово обучение като обобщаване чрез подреждане (*Stacking Generalization*), за да се подобри прогнозната точност чрез комбиниране на хетерогенни набори от данни.

Накрая приносът в напредъка в техниките за предварителна обработка (*Advancements in Preprocessing Techniques*) е изцяло предмет на статия [3]. Тази публикация детайлно обсъжда и сравнява различни методи за предварителна обработка на MRI сканирания и тяхното въздействие върху качеството на радиомните характеристики и последващите анализи.

Така, трите статии формират кохерентна научна линия, която обхваща всички основни приноси на дисертационния труд, от предварителната обработка на данните, през избора на характеристики, до прилагането на усъвършенствани модели за прогнозиране чрез мултимодално интегриране.

Към момента на тази справка, отражение под формата на цитати в трудове на други автори няма. Въпреки това, фактът, че две от публикациите са индексирани в Scopus, показва, че трудовете са достигнали до широка научна аудитория и имат потенциал за бъдещи цитирания.

Заслужава да се спомене и за **участието на докторанта в международни и национални научни конференции**. Докторантът активно е представила ключови резултати от дисертацията си на 4 конференции, фокусирани върху изкуствения интелект, както и здравните информационни системи и технологии. Тези участия

демонстрира способността ѝ да комуникира сложни научни концепции и приноси пред висококвалифицирана аудитория.

[1] Mariya Miteva, Maria Nisheva-Pavlova, *Clinical and Acquisition Data for Optimizing MGMT Methylation Status Prediction: A Comprehensive Ensemble Strategy Emphasizing Non-Invasive Approaches*, AIMS 2024.

[2] Mariya Miteva, Maria Nisheva-Pavlova, *The power of integrating multiple data sources in medical imaging: A study of MGMT methylation status*, HCist 2023.

[3] Mariya Miteva, Maria Nisheva-Pavlova, *Preprocessing Techniques for Brain MRI Scans: A Comparative Analysis for Radiogenomics Applications*, ISESIA 2023.

[4] Mariya Miteva, *DL Methods for Identifying Gene Expression Patterns Using MRI Image Features*, Spring Scientific Session (SSS) of the Faculty of Mathematics and Informatics (FMI) at Sofia University, 2022.

След направен преглед потвърждавам, че:

а) научните трудове **отговарят** на минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСПБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на образователна и научна степен „доктор“/ научна степен „доктор на науките“ в научната област и професионално направление на процедурата;

б) представените от кандидата резултати в дисертационния труд и научни трудове към него **не повтарят** такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност;

в) **няма** доказано по законоустановения ред плагиатство в представения дисертационен труд и научни трудове по тази процедура.

5. Качества на автореферата

Представеният автореферат е изключително добре структуриран и демонстрира задълбочено разбиране на изследваната проблематика. Изготвен е в пълно съответствие с всички нормативни и академични изисквания, поставени към подобен тип научни трудове.

Авторефератът представя коректно и изчерпателно основните резултати и съдържанието на дисертационния труд. С яснота и прецизност са дефинирани целите, задачите и използваната методология, което позволява на читателя бързо да се ориентира в същността на изследването.

Прецизно са посочени научните приноси, както и приложимостта на получените резултати, което подчертава значимостта на дисертацията. Обемът и

структурата на автореферата са оптимални, като осигуряват адекватен преглед на дисертационния труд.

6. Критични бележки и препоръки

*При прегледа на дисертационния труд и съпътстващите го материали установявам, че те напълно отговарят на изискванията. Всички забележки и препоръки, направени от мен, като вътрешен рецензент по време на вътрешната защита, са били **изцяло отстранени и отразени**, което доведе до подобрене в качеството и яснотата на представените изследвания. В резултат на това, към настоящия момент, нямам никакви допълнителни предложения за критични бележки и препоръки.*

7. Заключение

След като се запознах с представените в процедурата дисертационен труд и придружаващите го научни трудове и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научноприложни приноси, **потвърждавам**, че представеният дисертационен труд и научните публикации към него, както и качеството и оригиналността на представените в тях резултати и постижения, отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване от кандидата на образователната и научна степен „доктор“ в научната област **„4. Природни науки, математика и информатика“** и професионално направление **„4.6. Информатика и компютърни науки“**. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да присъди на **Мария Димитрова Митева** образователна и научна степен „доктор“ в научна област **„4. Природни науки, математика и информатика“**, професионално направление **„4.6. Информатика и компютърни науки“**, докторска програма: „Компютърни науки” – Машинно самообучение.

5.06.2025 г.

Изготвил рецензията:.....
доц. д-р Йоаннис Патиас