

РЕЦЕНЗИЯ

от дн Иван Драгов Тренчев, доцент в УНИБИТ-София и ЮЗУ
на дисертационен труд за присъждане на
образователната и научна степен „доктор“

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

Професионално направление: 4.5. Математика;

Докторска програма: Математическо моделиране и приложение на математиката;

Автор на дисертационния труд: Ирина Добрева Наскинова, докторант към катедра Математика, Природо-математически факултет на Югозападен университет „Неофит Рилски“ (ЮЗУ);

Тема: МАТЕМАТИЧЕСКИ И КОМПЮТЪРНИ МОДЕЛИ ЗА ИНТЕЛИГЕНТЕН АНАЛИЗ НА ДАННИ В МЕДИЦИНАТА;

Научни ръководители: доц. д-р Михаил Колев и доц. д-р Мариян Милев

Рецензията е изготвена съобразно изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на закона за развитието на академичния състав в Република България (ППЗРАСРБ) и Вътрешните правила за развитие на академичния състав (ВПРАС) в ЮЗУ „Неофит Рилски“.

1. Общо представяне на процедурата

Изготвената рецензия е във връзка с определянето ми за член на научното жури, назначено със заповед № 1154/18.07. 2023 г. на Ректора на Югозападен университет „Неофит Рилски“, за осъществяването на процедурата за защита на описания по-горе дисертационен труд. На първото заседание на научното жури бях избран да изготвя рецензия за качествата на дисертационния труд.

Представеният от докторант Ирина Наскинова комплект материали е в съответствие със ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ, както и с ВПРАС на ЮЗУ. Дисертацията се основава на 5 публикации на автора, публикувани от 2020 г до сега.

2. Кратки биографични данни за докторанта

През 2007 г. Ирина Наскинова е завършила ОКС магистър по информатика в СУ „Св. Климент Охридски“. От 2018 г. до 2022 г. е редовен докторант в катедра Математика на ЮЗУ. В периода 2007 – 2011 г. кандидатът за придобиване на образователната и научна степен доктор е научен сътрудник в областта на електронното обучение в хоноруван преподавател в Факултета по математика и информатика на СУ „Св. Климент Охридски“. В периода 2013 – 2016 г. Ирина Наскинова е хоноруван преподавател във Висшето Училище по Мениджмънт, обучаващ студенти по програмата на Университета Кардиф Метрополитан, по дисциплини, свързани с програмиране, бази от данни, разработване на информационни системи в бизнеса, и е научен ръководител на дипломанти. асистент в ЮЗУ, където преподава няколко учебни дисциплини, свързани с педагогическото образование по математика на студентите от университета. В продължение на няколко години г-жа Наскинова работи в различни фирми като разработва разнообразни образователни продукти.

3. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи

Изследванията в дисертационния труд са посветени на актуалните научни проблеми, имащи голямо медицинско и обществено значение, отнасящи се до създаване, изследване и имплементиране на математически и компютърни модели, позволяващи с помощта на изкуствен интелект да се анализират и класифицират медицински данни. По-конкретно, анализират се данни, получени при медицински изследвания на пациенти с респираторни заболявания и по-точно на хора, страдащи от **пневмония**. Тъй като при това се налага да се анализират големи обеми от данни, използва се апаратът на невронните мрежи.

Докторантката предварително (преди написването на дисертационния труд) е провела интензивно самообучение, отнасящо се до:

- вникване в терминологията и изучаване на някои основни принципи и етапи на протичане на пневмонията и други респираторни заболявания;
- определяне на основните, допускащи количествено измерване, параметри на заболяванията и методите за диагностициране на пневмония с използване на рентгенови снимки;
- запознаване с основните проблеми и задачи при изследванията с помощта на изкуствен интелект и принципите на използването на невронните мрежи;
- добиване на необходимите знания и пригодност към тълкуване на получените резултати от анализите в термините на медицината;
- запознаване с основните детайли на моделите, стоящи в основата на построяваните алгоритми, начините за тяхното имплементиране и анализиране и др.

Основните задачи, които са обект на решаване и анализ в дисертацията и които отговарят на поставените цели, са:

- създаване и изследване на компютърни модели за класификация на изображения, базирани на невронни мрежи с различна прецизност и дълбочина на архитектурата;
- изследване на техните свойства в зависимост от различните активационни функции на невронните мрежи и определяне на оптималните хиперпараметри;
- оценяване на създадените модели и изводи дали модели с опростени архитектури могат да бъдат ефективно използвани за класификация на рентгенови изображения на белите дробове;
- анализиране на възможността за допълнително оптимизиране на създадените оптимални модели чрез използване на метода на преносимост на знания с предварително обучени невронни мрежи;
- сравняване на производителността и точността на най-добрия модел, базиран на собствена архитектура, и модела, изграден чрез трансфер на знания;
- ясно формулиране на изводите от изследванията и изясняване на причините за ефективността на най-добрия от моделите.

4. Познаване на проблема

Авторката на дисертационния труд е запозната в детайли с научните постижения по изследвания проблем. Това твърдение може да бъде подкрепено със следните факти:

1. Литературните източници, използвани при реализиране на задачите в дисертацията, са 111 на брой, голяма част от които са монографични трудове

ве. Прави впечатление, че базовите публикации, на които се опира дисертацията, са от чужди автори и са отразени в престижни списания с висок импакт фактор. Макар че даденият от авторката списък далеч не е пълен, то представените трудове показват, че докторантката е добре запозната със съвременното състояние на теорията и приложенията на математическото и компютърно моделиране, както и изкуствения интелект, в медицината;

2. Направените бележки в увода и първите две глави на дисертацията, които представляват въведение в използваната терминология и преглед на някои методи и резултати, получени при използването на изкуствения интелект и в частност невронните мрежи и тяхното приложение за образна диагностика, подсказва за широките познания, които притежава докторантката и които са необходими в изследователската ѝ дейност по набелязаната тема. Така например, дефинирани са и са описани детайлно редица понятия, като:

- изкуствени невронни мрежи;
- обучение на невронна мрежа;
- конволюционни невронни мрежи;
- активационна функция в невронна мрежа;
- рентгенова диагностика на пневмонията и др.

Разгледани са основните типове обучения на невронни мрежи.

3. Направена е компетентна обосновка за необходимостта от използването на модели на невронни мрежи за автоматично диагностициране на пневмония с използване на рентгенови снимки. Точно са формулирани целите и задачите на дисертационния труд. Посочен е основният математически апарат, необходим за изграждането на невронни мрежи (анализ на основните компоненти на невронните мрежи, като входни и скрити слоеве, връзките между тях и активационните функции и др.). Проучени са различни математически модели и алгоритми, които се използват при построяването и тренирането на невронни мрежи, с фокус върху тяхната способност за автоматизирана класификация.

Прави впечатление обширното представяне на невронните мрежи, както и медицинска информация, свързана с пневмонията и нейната рентгенова диагностика. Приемам присъствието в дисертационния труд на тези описания, поради следните съображения: Първо, да не забравяме, че желаната степен от докторантката освен научна е и **образователна**, т.е. присъствието на известни факти в изследванията на кандидатката за придобиване на степента „доктор“ е естествено и дори бих казал желателно. Второ, макар че дисертационния труд е определен в професионалното направление 4.5 Математика, то можем да заявим, че работата има интердисциплинарен характер (между медицина, информатика и математическо моделиране). Това обстоятелство оправдава наличието на информация (макар и в „олекотена форма“) от областите на медицината и невронните мрежи. Тази информация безспорно ще подпомогне и облекчи четенето на изследванията от математици с липса на задълбочени познания в медицината и информатиката.

5. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Дисертацията се състои от увод, пет глави, заключение, библиография, списък на публикациите на авторката по темата на дисертацията и приложения. Дисертацията е поместена на 244 стандартни страници и съдържа 57 фигури.

Първите две глави са обзорни. Освен фактите, посочени в предходната част на рецензията, тук са посочени основните области, използвани при ди-

агностицирането на пневмония: математическа, медицинска и техники за извличане на данни или машинно обучение. Предлаганият дисертационен труд използва математическите методи и подходи, свързани с машинното обучение, които се използват много активно в съвременните изследвания не само в медицината, но и в много други научни области, свързани с анализ на големи обеми от данни. В тази глава е направена подробна обосновка на предимствата от използването на методите на машинното обучение и изкуствените невронни мрежи за решаване на такива проблеми като разпознаване на образи, прогнозиране, оптимизация и други. Направен е исторически преглед на най-съществените научни приноси за развитието на невронните мрежи. Базирайки се на съвременни научни източници, направена е класификация на основните модели на невронните мрежи. Подробно е описан моделът на изкуствения перцептрон, в чиято основа лежи идеята за използване на биологичната нервна система като модел за създаване на изкуствен интелект. Подробно са описани основните математическите идеи, стоящи в основата на използването на изкуствените невронни мрежи. Основно внимание при това е отделено на математическите конструкции, използвани при моделирането на процесите, осъществявани при автоматично извличане на съществена информация при анализиране на изображенията. Специално внимание е отделено на видовете активационни функции, използвани в конволюционните невронни мрежи. Приведени са кодове на езика Python за имплементиране и визуализиране на такива функции. Описани са основните етапи на обучение на невронните мрежи. Голямо внимание е отделено на въпроса и методите за оптимизация на хиперпараметрите на невронните мрежи, играещи важна роля за тяхната оптимална производителност (ефективност).

Втората глава е помощна. В нея е направен е преглед на основни математически методи и подходи, използвани при конструирането на класификационни невронни мрежи, които се използват в следващите глави. Тук са приведени също основни сведения за процесите, осъществявани при обработката на данни, в частност пространственото и спектрално подобряване, преобразуванията на изображения и тяхната класификация. Направен е подробен преглед на научните изследвания, свързани с използването на изкуствен интелект в рентгеновата диагностика на различни заболявания, в частност на пневмонията.

Глава трета е посветена на създаване, усъвършенстване и изследване на математически модели, реализирани чрез невронни мрежи за рентгенова диагностика на пневмония. Приведено е подробно описание на данните, които се анализират. След това е описан начинът на предварителна обработка на данните. Следващият подраздел на главата е посветен на описанието на базовия модел за диагностика на пневмонията като са разяснени детайли за разработените от докторантката шест различни топологии на архитектурата на модела. В следващия подраздел на главата се описва създаден от авторката разширен модел за диагностика. Приведени са дефиниции и формули за оценка на основни характеристики на класификационните модели като чувствителност, специфичност, точност, прецизност и др., както и техните предимства и недостатъци. Посочено е значението на съответните характеристики за медицината и в частност по отношение на класификацията на здравите и болните от пневмония пациенти.

Съставен е алгоритъм за числено решаване на моделите, който е имплементиран с помощта на Python. Моделите са анализирани и сравнени по отношение на участващите активационни функции. Намерени са оптималните параметри на моделите чрез извършване на тяхното трениране. Определени са

най-добрите от построените модели, както в групата на онези с плитка архитектура, така и с дълбока архитектура.

Четвърта глава е посветена на изграждането на модел, базиран на трансфер на знания, като се използва предварително обучен модел на невронни мрежи. При този подход се използват знанията, придобити от предишно обучени модели, за обучаване на един нов модел. Взета предвид е възможността за пренасяне на знания от предварително обучени модели на невронни мрежи към модела, разработен за диагностика на пневмония. При това се използва трансферирането на знания и опит от модели, които са обучени предварително и са решили успешно подобни задачи.

В тази глава са представени важни резултати и изводи от използването на трансфер на знания в контекста на класификацията на рентгенови изображения на белите дробове за диагностика на пневмония. В частност, показано е, че този подход допринася за по-ефективна и точна диагностика, като използва знанията, придобити от предишни обучения.

Пета глава е посветена на сравнителен анализ между най-добрия модел, базиран на собствена архитектура, и модела, изграден чрез трансфер на знания, описан в четвърта глава. Така се определя, кой от двата модела е по-ефективен при диагностика на пневмония по рентгенови изображения.

При сравнителния анализ е включена оценка на производителността и точността на двата модела. За целта се използват статистически методи за оценка и сравнение. Установено е, че моделът с трансфер на знания дава по-добри резултати по всички показатели с около 4%. Приведено е подробно обяснение на причините за неговата ефективност. Тази интерпретация е полезна за по-доброто разбиране на функционирането на модела, както и на основния механизъм, по който той предсказва наличието на пневмония.

6. Приноси

Получените резултати са отбелязани коректно в заключенията към дисертационния труд и автореферата. Приносите на докторантката са с научен и особено с научно-приложен характер.

Научните приноси са свързани с изследванията на авторката и нейните научни ръководители, отнасящи се до:

- създаване на нови модели, базирани върху невронни мрежи, за анализ и класификация на образни изображения на пневмония;
- изследване на характеристиките на построените модели, при които е изучено влиянието на параметрите в съответните моделиращи системи;
- направена е преценка за подбора на параметрите, като основното изискване е ефективността на моделите по отношение на точната класификация на рентгеновите изображения.

Приложните аспекти на изследванията в дисертационния труд се отнасят за:

- създаване на числови алгоритми за приближено намиране на решенията на моделите;
- имплементация на алгоритмите;
- сравняване на различните модели;
- тълкуване и изводи за получените резултати;

- визуализация на резултатите и др.

Според мен основните и съществени характеристики на дисертацията са както следва:

- Предложени и изследвани са математически модели, базирани на невронни мрежи, за автоматизиране на диагностика на пневмония чрез рентгенови снимки на белите дробове;
- Създаден е подход за числено изследване на построените модели;
- Показана е възможност за сравняване на различни модели за изследване на рентгенови образи;
- Дава се възможност за потвърждаване по нов начин на известни факти за решения на конкретни задачи от медицината;
- Дава се възможност за развитието на математическото моделиране и използването на невронни мрежи в областта на медицината, по-конкретно за диагностика на пневмония;
- Разработените математически модели и методи за класификация на рентгенови изображения на белите дробове представят потенциал за автоматизиране и подобряване на точността на диагностиката на пневмония.

Не са ми известни внедрявания на резултати от дисертационния труд.

7. Преценка на публикациите и личния принос на докторантката

Публикациите, включени в дисертационния труд, са пет на брой. Две от тях са в съавторство, а останалите са самостоятелна. Една от публикациите е в престижното списание "Frontiers in Microbiology", което има висок IF 6.064. Резултатите са докладвани и на 11 конференции, както в страната, така и в чужбина. Съдържанието на тези публикации представлява съществена част на дисертационния труд. Има забелязани повече от 124 цитата за първата, три цитата за втората публикация и един на петата.

Тези факти са безспорен успех на кандидатката за придобиване на желаната научна и образователна степен.

8. Автореферат

Авторефератът заедно с библиографията е поместен на 48 страници (в съответния формат, стандартно подходящ за авторефератите). Съдържа увод и анализ на всички основни резултати, постигнати в дисертационния труд и отразява точно и пълно постигнатото от докторантката. Отчетливо са формулирани поставените цели и конкретни задачи. Основните понятия и твърдения в дисертацията са добре обяснени. Конструирани са редица подходящи и съществени конкретни числови реализации, илюстриращи моделите. Направен е анализ и сравнение на конструираните модели. По този начин се подчертани качествата на усъвършенстваните модели и се дава възможност за допълнително обмисляне на идеите в дисертационния труд.

В заключението се резюмират основните приноси. Посочени са връзките между постигнатото в дисертационния труд и съответните публикации на докторантката.

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията. Бих добавил, че е подготвен във форма, която позволява на читателя, който не е запознат с дисертацията, да придобие пълна представа за постигнатото в нея. Струва ми се, че библиографията на автореферата трябва напълно да съвпада с тази на дисертацията (независимо, че някои от литературните източници не се цитират в автореферата, поради ограничения му обем). Това би спомогнало за паралелно запознаване с двата научни труда.

9. Критични бележки и препоръки за бъдещо използване на получените резултати

Допуснати са няколко правописни грешки, които в някакъв смисъл са неизбежни. Предположението, че можем напълно да се освободим от тях е утопично, особено като се вземе под внимание обемът на дисертационния труд. Една възможна причина за тези причини е и сравнително новата тематика за нашата страна, което води и до не съвсем прецизно установена терминология.

Приносителите е трябвало да се направят малко по-стегнато и дисертацията има много голям обем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените резултати в дисертационния труд и направените по-горе в рецензията коментари ми дават основание да направя следните изводи:

1. Дисертационният труд е посветен на теоретични и приложни изследвания върху количествени модели от медицината за класификация на рентгенови изображения от пациенти с пневмония. Моделите са базирани върху невронни мрежи. Част от тези изследвания са новост, а друга част развиват и обогатяват известни резултати. Изследванията представляват оригинален принос на докторантката и в близко бъдеще могат да предизвикат сериозен научен интерес, който ще се изрази в позоваване и използване на нейните резултати;
2. Конструирани са числови процедури за анализ на наличните данни от образната диагностика, в частност определяне на оптимални параметри на моделите и оптимален модел измежду няколко модела;
3. Представените в дисертационния труд изследвания са полезни, както за учените, които се занимават с теоретични проблеми на приложенията на математиката и в частност на математическото моделиране, така и за учените, които прилагат съответни математически методи за решаване на разнообразни конкретни задачи (не само в математиката);
4. Достиженията в дисертационния труд отговарят на изискванията на:
 - ЗРАСРБ;
 - Правилника за прилагане на ЗРАСРБ;
 - ВПРАС на ЮЗУ.

Поради посочените по-горе факти оценявам „**положително**” изследванията в дисертационния труд.

Предлагам на научното жури **да присъди** образователната и научна степен “доктор” на Ирина Добрева Наскинова в:

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

Професионално направление: 4.5. Математика;

Докторска програма: Математическо моделиране и приложение на математиката.

05.09. 2023 г.

Изготвил рецензията:
(доц. дн Иван Тренчев)