

ФКСТУЧ - ИС1 - 064
29.04.2024 г.



Становище

върху дисертационен труд

за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: **Берат Тефик Уйкани**

Тема на дисертационния труд: **Алгоритми и технологии за изкуствен интелект за прогнозиране на ефективността във висшето образование**

Област на висше образование: **5 Технически науки**, Професионално направление: **5.3 Комуникационна и компютърна техника**, Научна специалност: **Автоматизирани системи за обработка на информация и управление**

Рецензент: **проф. д-р Десислава Георгиева Петрова-Антонова**

Съгласно Заповед № ОЖ-5.3-13 от 19.03.2024 г. на Ректора на Технически университет – София съм определена за член на научното жури във връзка с процедура за защита на дисертационния труд на Берат Тефик Уйкани на тема „Алгоритми и технологии за изкуствен интелект за прогнозиране на ефективността във висшето образование“ за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в област на висше образование 5. Технически науки, професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, научна специалност „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“. С решение на научното жури съм определена за изготвяне на становище относно дисертационния труд.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение

Дисертационният труд изследва потенциала на изкуствения интелект (ИИ) за получаване на подпомогнати от данни прогнози във висшето образование посредством прогнозиране на приема на студенти, тяхното отпадане и успех, както и идентифициране на студентите в риск от отпадане. С широкото навлизане на технологиите за ИИ, традиционното образование претърпява значителни промени и подобрения. Многостранните приложения на ИИ варират от прогнозиране на тенденциите в приема на студентите до идентифициране на тези в риск и прогнозиране на процента на отпадане. Чрез използването на технологии за ИИ институциите могат ефективно да разпределят ресурси, да планират предложения за учебни дисциплини и да предвиждат потенциални предизвикателства. Системите с ИИ могат да идентифицират фактори, свързани с постигане на положителни резултати, като разпознават модели в поведението на учениците и академичното представяне. Адаптивните платформи за обучение, базирани на ИИ, са предмет на все повече изследвания. Те адаптират учебните материали въз основа на индивидуалния напредък на студента, като потенциално повишават степента на успех. Етичните съображения, свързани с поверителността на данните на студентите и т.нар. алгоритмичен „предразсъдък“, са разгледани в дисертационния труд. Кандидатът за докторска степен подчертава значението на прозрачността при използването на ИИ и намаляването на алгоритмичния „предразсъдък“, за да се осигури честна и безпристрастна подкрепа за всички студенти.

В този контекст дисертационния труд е посветен на предизвикателен и актуален проблем, свързан с приложението на методите на машинното обучение (ML), дълбокото обучение (DL), обработката на естествен език (NLP) и обяснимия изкуствен интелект (XAI) за подпомагане

вземането на решения във висшето образование. Неговите основни цели могат да бъдат обобщени както следва: (1) Разработване на модел за прогнозиране на отпадането на студентите; (2) разработване на модел за прогнозиране на приема на студентите; (3) Идентифициране и анализ на студенти в риск от отпадане; (4) Прилагане на ХАИ за тълкуване на модели; и (5) Предложение за система, базирана на NLP за улесняване и подобряване на процесите за осигуряване на качеството във висшето образование.

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

За постигане на целта на дисертацията е направен преглед на технологиите за ИИ като цяло и тяхното приложение във висшето образование. Първо са изследвани основите на ИИ, като се започне с еволюцията на ИИ и създаването на модели с ИИ. Специално внимание е отделено на ML и NLP моделите. Приложението на ИИ във висшето образование е изследвано в контекста на моделите с ИИ, използващи Байсови класификатори, поддържащи векторни машини (SVM), K-най-близки съседни (KNN) и др. Проучени са съществуващите методи за прогнозиране на приема на студенти и техния успех, както и за идентифицирането на учениците в риск. Извличането на знание от образователни данни (EDM) и аналитичните методи, свързани с обучението (LA), са изследвани в контекста на техния потенциал за подпомагане на висшето образование. Разглеждани се и предизвикателствата, породени от етични проблеми.

Въпреки че литературният преглед обхваща различни аспекти на ИИ, подобрения могат да бъдат направени по отношение на по-задълбочено и структурирано представяне на методите и алгоритмите за ИИ. Например, не е ясно как се дефинират типовете ИИ. Като се имат предвид разнообразието на реалните проблеми, ИИ може да се класифицира като аналитичен, функционален, интерактивен, текстов и визуален. Въз основа на типа отговор, който се очаква да бъде получен съществуват четири вида анализ: описателен, диагностичен, предсказващ и препоръчващ. В допълнение, въз основа на прилаганите техники, може да се направи класификация, както следва: ML методи; невронни мрежи и DL; извличане на данни и откриване на знания; базирано на правила моделиране и вземане на решения; представяне на знания, аргументиране при несигурност и моделиране на експертни системи; аргументиране, базирано на казус; анализ на текст и НЛП; визуален анализ, компютърно зрение и разпознаване на образи; и хибриден подход, търсене и оптимизация. В заключение, дисертацията би могла да се обогати с извършване на по-систематичен преглед на ИИ в различни аспекти.

Извършено е библиометрично изследване на методите с ИИ за прогнозиране на производителността във висшето образование, чрез преглед на литературата в научната база от данни Web of Science (WS) за 15-годишен период. Извлечената информация е анализирана количествено с помощта на инструмента R, biblioshiny и VOSviewer. Подобно изследване не дава информация обаче за качествените тенденции. Няма данни как различните автори подхождат към проблемите във висшето образование, прилагайки технологии и методи с ИИ, кои са най-често срещаните проблеми и ограничения и как се преодоляват.

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

Методологията на изследването, обхващаща всички задачи, които са изпълнени за постигане на представените в дисертацията резултати, не е явно дефинирана. За прогнозиране на

отпадането на учениците е приложен общ подход, включващ събиране на данни, статистически анализ, предварителна обработка на данни, реализиране на модел и предоставяне на резултати. Детайли за предварителната обработка на данни, като липсващи данни, откриване на излишни стойности, дублиране на данни и т.н., не са представени. Идентифицирането на атрибути, подходящи за създаване на модели базирани на логистичната регресия (LR), е решаваща стъпка в процеса на тяхното разработване. В този смисъл не е ясно как те са дефинирани за целите на разработения модел (т.е. знание за домейна, инженеринг на атрибути, изследване на атрибути и т.н.). При дискусията на резултатите би било ценно да се покаже как постигнатата прецизност на модела може да се използва за подпомагане на справянето с реалния проблем, свързан с отпадането на студентите.

Методологиите за прогнозиране на приема на студентите и успеха им, както и ранното идентифициране на учениците в риск, са добре описани и в последствие адекватно приложени. Проведени са експерименти, за да се намерят най-добрите ML и DL модели за решаване на поставения проблем.

Методологията, приложена за разработване на система за провеждане на оценки на качеството както на учебните планове, така и на учебните програми, покрива две от типичните фази на процеса на софтуерната разработка, а именно анализ на функционални и нефункционални изисквания и проектиране на софтуерната архитектура. Липсва обаче описание на реализацията на системата и валидиране на предложеното решение.

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

Дисертационният труд е структуриран като набор от самостоятелни научни публикации, всяка от които има отделни секции с въведение, методология, реализация и резултати. Той се състои от увод, изложение в шест глави, заключение, апробация, справка за научните приноси и публикации на докторанта, списък с проекти, списък на използваната литература, списък с цитирания и списъци с абривиатури, фигури и таблици, представени на общо **176 страници**. Включени са **70 фигури** и **26 таблици**. Съдържанието и структурирането на дисертационния труд се определят от поставените задачи.

Първа глава представя главната и специфичните цели на дисертационния труд, обосновавайки необходимостта от изследванията. Втора глава включва обзор на ИИ и неговото приложение във висшето образование. Трета глава е свързана с библиометричен анализ на литературата в областта на методите с ИИ за предсказване на ефективността във висшето образование. Четвърта глава представя метод, базиран на LR за предсказване на отпадането на студентите. Пета глава описва модели, използващи ML, за прогнозиране на приема на студентите в университет. Шеста глава представя прогнозиране на успеха и идентифицирането на студенти в риск от отпадане с прилагане на XAI. Седма глава проучва приложението на NLP за осигуряване на качество във висшето образование.

Прилагането на различни модели, базирани на ML и XAI доказват научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд. Докторантът показва значителни умения и знания в прилагането на методи и инструменти, свързани с науката за данни при решаване на практически проблеми и подпомагане на вземането на решения във висшето образование. Значимостта на извършеното изследване и постигнатите резултати са особено добре документирани в Глава 5 и Глава 6, където се използват различни техники от науката за данни и алгоритми и модели с ИИ, като корелационни анализи, различни техники за почистване на данни (прекласификация, премахване на дублиращи се стойности, нормализиране,

категоризиране и т.н.), разработване на модели с ИИ, трениране на моделите и тестване. За прогнозиране на приема на студенти са приложени 4 ML техники, придружени от общо 12 алгоритъма, като е използван софтуерът Weka. Тяхната производителност е анализирана и сравнена с помощта на различни метрики (true positive and false positive rates are considered along with precision, recall and F-score). Логистичният модел показва значителна точност с резултат 95,72%, демонстрирайки своята ефективност на прогнозиране. Обратно, моделът NaiveBayesMultinomialText показва най-ниска точност, при резултат 65,18%, отбелязвайки значителна разлика в производителността. Въз основа на общия диапазон на производителност на моделите прогнозата може да се счита за надеждна. Разработените модели за прогнозиране на успеха и ранното идентифициране на студенти в риск са оценени въз основа на прецизност, recall и F1-score, като специален фокус е поставен върху способността им да класифицират случаите като „Успешни“ или „Неуспешни“. Те показват значителна точност между 81% и 93%. За тълкуване на прогнозите на моделите е използван подходът SHapley Additive exPlanations (SHAP).

5. Научни и научноприложни приноси на дисертационния труд

Приносите, формулирани от докторанта, обогатяват съществуващото научно знание и научни постижения в практиката, като надграждат съществуващите методи, подходи, модели и алгоритми за постигане на поставената цел на дисертационния труд. Те могат да бъдат обобщени, както следва.

А. Приноси с научен характер

- Разработени са модели с ИИ за прогнозиране на приема, успеха и риска от отпадане на студентите.
- Разработени са модели е обясним ИИ с цел тяхното тълкуване и осигуряване на прозрачност на ИИ във висшето образование.

Б. Приноси с научно-приложено характер

- Разработен модел, базиран на LR за прогнозиране на отпадането на студентите.
- Разработване на ML модели за прогнозиране на приема в университети.
- Разработване на XAI модели за идентифициране на студенти в риск от отпадане.
- Предложена е архитектура на система, базирана на NLP, за осигуряване на качество във висшето образование.

В. Приноси с приложен характер

- Анализирани са алгоритмите и методите за прогнозиране на представянето на студентите във висшето образование.
- Демонстрирано е практическото приложение на технологиите за ИИ за повишаване качеството на обучение във висшето образование.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Личното участие на дисертанта в приносите е безспорно. Това се доказва не само от показаната аналитичност, задълбоченост и последователност при разработването на дисертационния труд, но и от значителния професионален опит в софтуерната индустрия и академията. **Няма доказано по законоустановения ред плагиатство** в представения дисертационен труд и научни трудове по тази процедура.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По тематиката на дисертационния труд са публикувани **7 научни публикации** на английски език. От тях **6 са публикувани в сборници на международни конференции** и **1 е публикувана от докторанта** в изследователската мрежа ResearchGate. На една от публикациите докторантът е единствен автор, а останалите 6 са в съавторство. **4 от публикациите са индексирани в Scopus**. Броят на цитиранията в Scopus е 14 (10 като се изключат самоцитиранията и цитиранията от съавтори).

Трябва да се отбележи, че освен представените по дисертационния труд публикации, докторантът е съавтор на още 2 публикации. Значимо постижение в изследователската кариера на докторанта е достигнатият **h-index 2 в Scopus**. Това потвърждава високата публикационна активност, доброто качество и значимост на постигнатите резултати.

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

Докторантът е представил списък на научната и образователната си дейност, включително гост лекции, участие в научни семинари, работни срещи, летни училища и обучения. Той е носител на международни стипендии по програма за киберсигурност Balkans 2022, финансирана от Държавния департамент на САЩ, април 2022 г., Любляна, Словения. Той е член на програмния комитет на 5-тата международна конференция, Recent Trends and Applications in Computer Science RTA-CSIT, Тирана, Албания, април 2023 г.

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 е представен на 33 страници и включва 22 фигури. Той **отговаря на всички изисквания за изготвянето му**, като отразява адекватно съдържанието на дисертационния труд. Представя обща характеристика, съдържанието и структурата, основните акценти, резултатите и изводите от изложението. Приложени са списък на публикациите по тематиката на дисертационния труд, списък на приносите на дисертационния труд и резюме на английски език.

10. Мнения, препоръки и забележки

Резултатите от дисертацията и методите, приложени за тяхното постигане, доказват професионалните компетенции и задълбочените познания на докторанта в прилагането на ИИ в областта на висшето образование. Основен недостатък на дисертацията е липсата на цялостна методология, върху която са се базира изследването, което води до неконсистентност и дисбаланс между отделните глави. Няма доказателства, че предложената система е разработена и внедрена за целите на осигуряване на качеството във висшето образование. Препоръчително е библиометричният анализ за прогнозирането на ефективността във висшето образование с технологии за ИИ, да се съчетае с качествени изводи чрез извършване на систематичен преглед на литературата, следвайки често използвани методологии като PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) или предложената от Kitchenham в областта на софтуерното инженерство.

11. 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, научно-приложни и приложни 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 Технически университет – София за придобиване от кандидата на образователната и научна степен „доктор“ в научната област 5. Технически науки 5.3. Комуникационна и компютърна техника. 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 **Берат Тефик Уйкани** образователна и научна степен „доктор“ в научна област 5. Технически науки 5.3. Комуникационна и компютърна техника, научна специалност: Автоматизирани системи за обработка на информация и управление.

22.04.2024 г.

Изготвил становището:

(проф. д-р Десислава Петрова-Антонова)

Statement report

on PhD dissertation

for obtaining the educational and scientific degree “Doctor”

Author of the dissertation: **Berat Ujkani**

Title of thesis: **Artificial Intelligence Algorithms and Technologies for Performance Prediction in Higher Education**

Scientific field: **5. Technical sciences**, professional field: **5.3. Communication and computer technology**, scientific specialty: **Automated Systems for Information Processing and Management**

Reviewer: **prof. Dr. Dessislava Georgieva Petrova-Antonova**

According to Order No. OЖ-5.3-13/19.03.2024 issued by the Rector of the Technical University of Sofia, I have been appointed as a member of the scientific jury in connection with the procedure for the defence of the dissertation work of Berat Ujkani on the topic “Artificial Intelligence Algorithms and Technologies for Performance Prediction in Higher Education” for the acquisition of the educational and scientific degree “Doctor”, in the Scientific field 5. Technical sciences, professional field 5.3. Communication and computer technology, scientific specialty „Automation systems for information processing and management“. By the decision of the scientific jury, I have been appointed to prepare a review of this dissertation thesis.

1. Scientific and scientific-applied relevance of the problem developed in the dissertation

The dissertation explores the potential of AI for gaining data-driven insights in higher education by predicting student enrolment, student dropout and success and identifying students at risk of dropping out. With the emergence of AI technologies, traditional education undergoes significant changes and improvements. The multifaceted applications of AI range from predicting student enrolment trends to identifying at-risk students and forecasting dropout rates. By leveraging AI, institutions can effectively allocate resources, plan course offerings, and anticipate potential challenges. AI systems can identify factors associated with positive outcomes by recognising patterns in student behaviour and academic performance. The exploration of adaptive learning platforms powered by AI is a notable highlight. These platforms adjust learning materials based on individual progress, potentially enhancing student success rates. Ethical considerations surrounding student data privacy and algorithmic bias are also addressed throughout the thesis. The PhD candidate emphasises the importance of transparency in AI usage and the mitigation of biases to ensure fair and equitable support for all students.

In such a context, the dissertation is devoted to a challenging topic related to the application of Machine Learning (ML), Deep Learning (DL), Natural Language Processing (NLP) and Explainable AI (XAI) for decision-making in higher education. Its main objectives can be summarised as follows: (1) Building a student dropout prediction model; (2) Development of predictive models for student enrolment; (3) Identification and analysis of at-risk students; and (4) Implementation of explainable AI for model interpretability; and (5) NLP-based system proposition.

2. Degree of knowledge of the state-of-the-art and creative interpretation of the literature

To achieve the goal of the dissertation, an overview is performed on AI as a whole and its application in higher education. First, the fundamentals of AI are explored, starting with the evolution of AI and AI modelling techniques. Special attention is given to ML and NLP. The application of AI in higher education is studied by exploring AI-based predictive models using Bayesian classifiers, Support Vector Machines (SVM), K-nearest neighbours (KNN), Random Forest algorithms, etc. The existing methods for prediction of student enrollment and success and identification of at-risk students are examined. Educational data mining (EDM) and learning analytics (LA) are explored in the context of their potential to advance higher education goals and achievements. Challenges posed by ethical issues are also considered.

Although the overview covers various aspects of AI, improvements can be made regarding a more deep and structured presentation of the AI methods and algorithms. For instance, it is not clear how the AI types are defined. Considering the variations of real-world problems, the AI can be analytical, functional, interactive, textual and visual. Based on the questions answered, four types of analytics exist: descriptive, diagnostic, predictive, and prescriptive. In addition, based on the applied techniques, classification can be made as follows: ML methods; neural networks and DL; data mining and knowledge discovery; rule-based modelling and decision-making; knowledge representation, uncertainty reasoning, and expert system modelling; case-based reasoning; text mining and NLP; visual analytics, computer vision and pattern recognition; and hybrid approach, searching, and optimisation. In conclusion, the dissertation will benefit from a more systematic review of AI from different perspectives.

Bibliometric analysis is performed on AI-driven performance prediction in higher education by collecting information for Web of Science (WS) over a 15-year period. The extracted information is quantitatively analysed using the R tool, biblioshiny, and VOSviewer. Unfortunately, qualitative insights are missed. There is no evidence of how different authors handle the problems in higher education with AI technologies and methods, what the most commonly appearing problems and limitations are, and how they are overcome.

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

The research methodology, covering all tasks performed to achieve the results presented in the dissertation, is not explicitly defined. A general approach is followed to predict student dropout, including data gathering, statistical analysis, data pre-processing, model implementation, and delivery of results. Details about data pre-processing, such as missing data, outlier detection, data redundancy, etc., are not discussed. In logistic regression (LR), feature identification is a crucial step in the model-building process. It is not clear how they are defined for the purpose of the LR model developed (i.e., domain knowledge, feature engineering, feature exploration, etc.). In the discussion section, it will be valuable to show how the achieved precision of the LR model can be used to support solving the real-world problem of student dropout.

The methodologies followed for predicting student enrolment and course success, as well as early identification of at-risk students, are well described and further implemented. Experiments are conducted to find the best ML and DL models for solving the problem under question.

The methodology applied for developing a system for conducting quality assessments on both syllabuses and program curricula covers two of the typical phases of the software development process, including functional and non-functional requirement analysis and software architecture design. Unfortunately, the actual implementation is not covered, and validation of the proposed solution is missing.

4. Brief analytical description and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based

The dissertation is structured as a collection of scientific papers, with an almost all-inclusive introduction, methodology, implementation, and results sections. It consists of an introduction, six chapters, a conclusion, an approbation, a summary of the main scientific contributions, a list of publications, a list of scientific and research activities, a list of projects, a list of citations, a bibliography and lists of abbreviations, figures and tables, presented in **176 pages**. The dissertation contains **70 figures** and **26 tables**. The set of tasks determines its content and structure.

Chapter 1 presents the aim and objectives of the research work, highlighting the rationale behind it and outlining the structure of the dissertation. Chapter 2 overviews AI and its application in higher education. Chapter 3 presents a bibliometric analysis of AI-driven performance prediction in higher education. Chapter 4 describes an LR-based model for the prediction of dropout students. Chapter 5 is devoted to a comparative analysis of ML algorithms applied to predict student enrollment. Chapter 6 applies XAI for course success prediction and early identification of at-risk students. Chapter 7 explores the application of NLP for quality assurance in higher education.

The implementation of a variety of ML models and handling the potential of XAI prove the scientific and application contributions of the dissertation. The PhD candidate shows significant skill and knowledge in applying data science methods and tools to solve practical issues and provide insights into problems in higher education. The significance of the performed research and achieved results are especially well documented in Section 5 and Section 6, where different data science techniques and AI algorithms and models are used, such as exploratory and correlation analyses, a variety of data cleaning techniques (reclassification, duplicate removal, normalisation, categorisation, etc.), AI model implementation, training and testing. For the prediction of student enrolment, 4 machine learning techniques with a total of 12 algorithms are applied using Weka software and their performance is analysed and compared using a confusion matrix; in particular, true positive and false positive rates are considered along with precision, recall and F-score. The logistic model demonstrated superior accuracy with a score of 95.72%, showcasing its prediction effectiveness. Conversely, the NaiveBayesMultinomialText model exhibited the lowest accuracy, at 65.18%, marking a significant variance in model performance. The overall performance range of the models can be considered as a reliable prediction. The implemented models for course success prediction and early identification of at-risk students are evaluated based on precision, recall, and F1-score, specifically focusing on their ability to classify instances as 'Pass' or 'Fail'. They show significant accuracy between 81% and 93%. A SHapley Additive exPlanations (SHAP) is employed to interpret the models' prediction.

5. Scientific and scientific-applied contributions of the dissertation

The contributions formulated by the PhD candidate enrich the existing scientific knowledge and scientific achievements in practice by utilising state-of-the-art methods, approaches, models and algorithms to achieve the goal of the dissertation work. They can be summarised as follows.

A. Scientific contributions

- AI models for predicting student enrolment, dropout, and success.
- Scientific discourse on AI model interpretability and transparency based on the employment of SHAP.

B. Scientific-applied contributions

- A prediction model based on LR to forecast student dropout.

- ML models for predicting university admissions.
- XAI models for identification of at-risk students.
- An architecture of a system for quality assurance purposes in higher education using NLP.

B. Applied contributions

- Analysis of AI algorithms and methods for predicting student performance in higher education have been analysed.
- Demonstrate the practical application of AI technologies in enhancing quality assurance within higher education.

6. Evaluation of the degree of personal participation of the PhD candidate in the contributions

The personal involvement of the PhD candidate in the contributions is indisputable. This is proven not only by the analytical, thoroughness, and consistency shown in the development of the dissertation but also by the considerable professional experience of the PhD candidate in the software industry and academia. The **obtained results are original, and there is no proven plagiarism.**

7. Evaluation of publications on the dissertation

The results of the dissertation are published in **7 articles in English**. **6** are published in **conference proceedings**, and 1 is self-published in the ResearchGate community network. The PhD candidate is a single author of 1 article and co-authors of the rest. **4** articles are indexed in Scopus. The number of citations in Scopus is 14 (10, excluding self-citations and co-author citations).

It should be noted that besides the articles in the dissertation, the PhD candidate is a co-author of two additional publications. Thus, the **total number of publications is 9**. A proof of the significant achievements of the PhD candidate is his **h-index 2 in Scopus**. This confirms the high publishing activity, the good quality, and the significance of the results achieved.

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

The PhD candidate provided a list of the scientific and educational activities, including guest lectures, participation in research seminars, workshops, summer schools and trainings. He won the Balkans 2022 International Cybersecurity Fellowship Program, funded by the U.S. Department of State and implemented by CRDF Global and Purdue University, April 2022, Ljubljana, Slovenia. It was a member of the program committee of the 5th International Conference, Recent Trends and Applications in Computer Science RTA-CSIT, Tirana, Albania, April 2023.

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

The abstract is 33 pages long and includes 22 figures. It is **prepared according to all requirements and correctly reflects the content of the dissertation**. The abstract presents a common characteristic of the dissertation, its content and structure, main topics, results, and conclusions. It includes a list of articles on the dissertation topic, a list of scientific and scientific-applied contributions and a resume in English.

10. Opinions, recommendations and remarks

The results of the dissertation and the methods applied for their achievement prove the professional competencies and deep knowledge of the PhD candidate in applying AI in the higher education

domain. The main drawback of the dissertation is the lack of overall methodology to be followed, which leads to inconsistency and imbalance between the different chapters. There is no evidence that the proposed system is implemented and deployed for quality assurance purposes in higher education. In addition, the bibliometric analysis of AI-driven performance prediction in higher education is recommended to provide more qualitative insights through conducting a systematic literature review, following commonly used methodologies such as PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) or that proposed by Kitchenham in the field of software engineering.

11. Conclusion

Having become acquainted with the dissertation presented in the procedure and the accompanying research articles and based on the analysis of their importance and the scientific, scientific-applied and applied contributions contained therein, **I confirm** that the dissertation presented and the research articles to it, as well as the quality and originality of the results and achievements presented in them, meet the requirements of the Act on Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria as well as the Regulations for its application and the conditions and rules of the Technical University of Sofia for acquisition by the candidate of the scientific degree “Doctor” in the Scientific field 5. Technical sciences, professional field 5.3. Communication and computer technology, scientific specialty „Artificial Intelligence Algorithms and Technologies for Performance Prediction in Higher Education“. In particular, the PhD candidate meets the minimal national requirements in the professional field, and no plagiarism has been detected in the scientific papers submitted for the competition.

Based on the above, **I strongly recommend** the scientific jury to award **Berat Ujkani** the scientific degree „Doctor” (educational and scientific) in the Scientific field 5. Technical sciences, professional field: 5.3. Communication and computer technology, scientific specialty “Automated Systems for Information Processing and Management”.

22.04.2024

Member of the Scientific jury:

(prof. Dessislava Petrova-Antonova)