

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Далиборке Ђукић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука-Универзитета у Београду 05-01 бр. 3/92-17 од 03.09.2026. године именовани смо за чланове Комисије за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Далиборке Ђукић** под насловом:

„Статистичко моделовање латентних психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља код ученика“

у преводу на енглески језик:

„Statistical Modeling of Latent Psychosocial and Socio-Emotional Indicators in Students“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

UNIVERSITY OF BELGRADE

Faculty of Organizational Sciences

TO THE ACADEMIC COUNCIL

Subject: Suitability of the Dissertation Topic and Candidate Daliborka Đukić

By the Decision of the Academic Council of the Faculty of Organizational Sciences - University of Belgrade No. 05-01 3/92-17 dated 03/09/2026, we have been appointed as Committee members to review the PhD proposal and its defense and to determine the scientific validity of the dissertation topic by the candidate **Daliborka Đukić** titled:

“Statistical Modeling of Latent Psychosocial and Socio-Emotional Indicators in Students”

Based on the materials submitted with the candidate's application, the Committee submits the following

RATIONALE

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Далиборка Ђукић (рођ. Скорић) рођена је 18. фебруара 1975. године у Крупњу. Дипломирала је 1999. године на Економском факултету Универзитета у Београду, на смеру Економска статистика и информатика, и стекла звање дипломираног економисте. У оквиру даљег академског усавршавања на истом факултету у области квантитативне анализе положила је све предвиђене испите са просечном оценом 10,00.

Школске 2024/25. године уписала је докторске академске студије на Факултету организационих наука Универзитета у Београду, на студијском програму Оптимизација и аналитика, где је положила све испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 10,00. Њена научноистраживачка интересовања усмерена су на статистичко моделовање, образовну аналитику, психометрију, машинско учење и примену савремених метода анализе података у образовним истраживањима.

Од 2000. године запослена је у Првој економској школи у Београду као наставник статистике и пословне информатике. Током дугогодишњег рада у настави учествовала је у унапређивању наставног процеса и припреми ученика за такмичења из статистике, на којима су њени ученици остварили запажене резултате и освојили више награда на републичком нивоу. Током реализације наставе на даљину у периоду пандемије COVID-19, на позив Министарства просвете, науке и технолошког развоја, била је ангажована на припреми и снимању телевизијских часова из статистике за образовни програм РТС Планета.

Професионално искуство у области статистичког образовања обухвата и рад на развоју и рецензирању уџбеничке литературе и наставних материјала. Била је

1. Candidate information

1.1. Biography

Daliborka Đukić (née Skorić) was born on February 18, 1975, in Krupanj. She graduated in 1999 from the Faculty of Economics, University of Belgrade, majoring in Economic Statistics and Informatics, and obtained the title of Graduate Economist. As part of her further academic training at the same faculty, in the field of quantitative analysis, she passed all required examinations with an average grade of 10.00.

In the 2024/25 academic year, she enrolled in doctoral academic studies at the Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, study program Optimization and Analytics, where she passed all examinations prescribed by the curriculum with an average grade of 10.00. Her research interests focus on statistical modeling, educational analytics, psychometrics, machine learning, and the application of contemporary data analysis methods in educational research.

Since 2000, she has been employed at the First Economic School in Belgrade as a teacher of statistics and business informatics. Throughout her long teaching career, she has contributed to improving the teaching process and to preparing students for statistics competitions, at which her students achieved notable results and won several awards at the national level. During distance learning in the COVID-19 pandemic, at the invitation of the Ministry of Education, Science and Technological Development, she was engaged in preparing and recording televised statistics lessons for the RTS Planeta educational program.

Her professional experience in statistics education also includes the development and review of textbooks and teaching materials. She served as a reviewer of statistics textbooks

рецензент уџбеника и збирке задатака из статистике за ученике средњих економских школа у издању Завода за уџбенике, док је са издавачком кућом Data Status сарађивала као рецензент и аутор наставних и дидактичких материјала из области статистике. Коаутор је публикације Статистика: збирка задатака за 3. и 4. разред средње стручне школе (Data Status, 2014, ISBN 978-86-7478-329-0), коју је Министарство просвете, науке и технолошког развоја одобрило решењем број 650-02-767/2013-06 од 23.05.2014. године.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

У наставку ће бити приказане научноистраживачке активности кандидаткиње. Оне обухватају радове објављене у часописима и зборницима научних скупова, радове који су у поступку рецензије, као и преглед положених испита на докторским студијама.

Током досадашњег рада Далиборка Ђукић је објавила више радова у земљи и иностранству и учествовала на више међународних и домаћих скупова и конференција.

Радови објављени у научним часописима међународног значаја – M20

1. **Ђукић, D.** (2025). *Analysis of the Relationship Between Peer Bullying and Boredom in Schools in Serbia*. *Nastava i vaspitanje*, 74(1), 119–134. <https://doi.org/10.5937/niv74-53231>, **M23**.

Зборници међународних научних скупова – M30

1. **Ђукић, D., & Унић, F.** (2023). *Key Indicators of the Quality of Human Resource Policies and Activities*. International Scientific Conference FINIZ 2023, Belgrade. ISBN: 978-86-7912-823-2, **M33**.

and exercise collections for students of secondary economic schools published by the Institute for Textbooks (Zavod za udžbenike), while with the publishing house Data Status she collaborated as a reviewer and author of teaching and didactic materials in statistics. She is a co-author of the publication *Statistika: zbirka zadatka za 3. i 4. razred srednje stručne škole* [Statistics: A Collection of Exercises for the 3rd and 4th Grade of Secondary Vocational Schools] (Data Status, 2014, ISBN 978-86-7478-329-0), approved by the Ministry of Education, Science and Technological Development by Decision No. 650-02-767/2013-06 of May 23, 2014.

1.2. Research experience

The candidate's research activities are presented below. They include papers published in journals and conference proceedings, papers in the review process, and an overview of the examinations passed in doctoral studies.

To date, Daliborka Đukić has published several papers in Serbia and abroad and has participated in several international and national meetings and conferences.

Papers published in scientific journals of international significance – M20

1. **Ђукић, D.** (2025). *Analysis of the Relationship Between Peer Bullying and Boredom in Schools in Serbia*. *Nastava i vaspitanje*, 74(1), 119–134. <https://doi.org/10.5937/niv74-53231>, **M23**.

Proceedings of international scientific conferences – M30

1. **Ђукић, D., & Унић, F.** (2023). *Key Indicators of the Quality of Human Resource Policies and Activities*. International Scientific Conference FINIZ 2023, Belgrade. ISBN: 978-86-7912-823-2, **M33**.

2. **Đukić, D., & Gavrilović Bodiřoga, A.** (2024). *PISA 2022: The Correlation of Peer Bullying with School Absenteeism and Their PISA Achievements*. Art (of) Education in a Changing World: Book of Abstracts, Belgrade. ISBN: 978-86-7849-339-3, **M34**.
3. **Đukić, D., & Midić, V.** (2025). *Real-Time Capacity Planning for KYC via Petri-DES*. Singidunum University International Scientific Conference FINIZ 2025, Belgrade. ISBN: 978-86-7912-875-1, **M33**.
4. Nedeljković, J., **Đukić, D.**, Nonić, D., & Živojinović, I. (2026). *From Perceived Benefits to Policy Priorities: A Fuzzy-Based Approach to Supporting Non-Wood Forest Product Collectors' Associations in Serbia*. 6th International Forest Policy Meeting (IFPM6): Perception versus Reality in Forest Policy, Prague, Czech Republic, 12–15 May 2026, **M33**.
5. **Đukić, D.** (2026). *Rana identifikacija rizika vršnjačke viktimizacije kao osnova za unapređenje kvaliteta života učenika: Analiza podataka PISA 2022*. U: M. Nikolić i M. Vantić-Tanjić (ur.), Unapređenje kvalitete života djece i mladih: Tematski zbornik / Improving the Quality of Life of Children and Youth: Conference Proceedings, XVII međunarodna naučno-stručna konferencija, Zlatibor, 25–28. jun 2026 (str. 107–116). Udruženje za podršku i kreativni razvoj djece i mladih, **M33**.
6. **Đukić, D.**, Milošević, P., & Dragović, I. (2026). *Dvostepena SOM–MLP arhitektura za ranu identifikaciju rizika vršnjačke viktimizacije*. SYM-OP-IS 2026 – rad prihvaćen za izlaganje i objavljivanje u zborniku (očekivana kategorija **M33**).
2. **Đukić, D., & Gavrilović Bodiřoga, A.** (2024). *PISA 2022: The Correlation of Peer Bullying with School Absenteeism and Their PISA Achievements*. Art (of) Education in a Changing World: Book of Abstracts, Belgrade. ISBN: 978-86-7849-339-3, **M34**.
3. **Đukić, D., & Midić, V.** (2025). *Real-Time Capacity Planning for KYC via Petri-DES*. Singidunum University International Scientific Conference FINIZ 2025, Belgrade. ISBN: 978-86-7912-875-1, **M33**.
4. Nedeljković, J., **Đukić, D.**, Nonić, D., & Živojinović, I. (2026). *From Perceived Benefits to Policy Priorities: A Fuzzy-Based Approach to Supporting Non-Wood Forest Product Collectors' Associations in Serbia*. 6th International Forest Policy Meeting (IFPM6): Perception versus Reality in Forest Policy, Prague, Czech Republic, 12–15 May 2026, **M33**.
5. **Đukić, D.** (2026). *Rana identifikacija rizika vršnjačke viktimizacije kao osnova za unapređenje kvaliteta života učenika: Analiza podataka PISA 2022*. U: M. Nikolić i M. Vantić-Tanjić (ur.), Unapređenje kvalitete života djece i mladih: Tematski zbornik / Improving the Quality of Life of Children and Youth: Conference Proceedings, XVII međunarodna naučno-stručna konferencija, Zlatibor, 25–28. jun 2026 (str. 107–116). Udruženje za podršku i kreativni razvoj djece i mladih, **M33**.
6. **Đukić, D.**, Milošević, P., & Dragović, I. (2026). *Dvostepena SOM–MLP arhitektura za ranu identifikaciju rizika vršnjačke viktimizacije* [Two-stage SOM–MLP architecture for early identification of peer victimization risk]. SYM-OP-IS 2026 – paper accepted for presentation and publication in the proceedings (expected category **M33**).

Радови у часописима националног значаја – M50

1. Ranković, N., Đukić, D., Janković, V., Stanišić, M., & Nedeljković, J. (2023). *Financial Consequences of Ice Breaks in State Forests in Eastern Serbia in 2014*. Glasnik Šumarskog fakulteta, 127, 83–98. <https://doi.org/10.2298/GSF2327083R>, M52.
2. Đukić, D., & Nedeljković, J. (2025). *Organizing Non-Wood Forest Product Collectors in Serbia: A Fuzzy Logic Assessment of Expected Benefit*. Glasnik Šumarskog fakulteta, 132, 45–64. <https://doi.org/10.2298/GSF2532045D>, M52.

Следи списак положених предмета на докторским студијама са оценама и ЕСПБ бодовима:

Називи предмета	Оцена	ЕСПБ
Методологија научно-истраживачког рада	10 (десет)	10
Статистика у менаџменту	10 (десет)	10
Квантитативни модели и методе у менаџменту	10 (десет)	10
Мултиваријациона анализа - изабрана поглавља	10 (десет)	10
Временске серије и фрактали - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Системи са дискретним догађајима	10 (десет)	10
Неуронске мреже и системи - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Фази логика и системи - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Рачунарска интелигенција - одабрана поглавља	10 (десет)	10

Кандидаткиња је дана 18.09.2026. године успешно одбранила приступни рад за израду докторске дисертације под називом „Статистичко моделовање латентних

Papers published in journals of national significance – M50

1. Ranković, N., Đukić, D., Janković, V., Stanišić, M., & Nedeljković, J. (2023). *Financial Consequences of Ice Breaks in State Forests in Eastern Serbia in 2014*. Glasnik Šumarskog fakulteta, 127, 83–98. <https://doi.org/10.2298/GSF2327083R>, M52.
2. Đukić, D., & Nedeljković, J. (2025). *Organizing Non-Wood Forest Product Collectors in Serbia: A Fuzzy Logic Assessment of Expected Benefit*. Glasnik Šumarskog fakulteta, 132, 45–64. <https://doi.org/10.2298/GSF2532045D>, M52.

A list of courses passed in doctoral studies, with grades and ECTS credits:

Course	Grade	ECTS
Methodology of Scientific Research	10 (ten)	10
Statistics in Management	10 (ten)	10
Quantitative Models and Methods in Management	10 (ten)	10
Multivariate Analysis - Selected Chapters	10 (ten)	10
Time Series and Fractals - Selected Chapters	10 (ten)	10
Discrete Event Systems	10 (ten)	10
Neural Networks and Systems - Selected Chapters	10 (ten)	10
Fuzzy Logic and Systems - Selected Chapters	10 (ten)	10
Computational Intelligence - Selected Chapters	10 (ten)	10

On September 18, 2026, the candidate successfully defended the PhD proposal for the doctoral dissertation titled “Statistical

психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља код ученика”.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Узимајући у обзир резултате остварене током досадашњег образовања, као и научноистраживачки рад кандидаткиње у области статистичког моделовања латентних конструката, мултиваријационе анализе, образовне аналитике, машинског учења и фази логике, може се закључити да је стекла релевантна знања и истраживачко искуство за рад на предложеној теми докторске дисертације. О томе сведоче радови објављени у научним часописима и зборницима научних скупова, радови прихваћени за излагање и објављивање, као и рукописи који се налазе у поступку рецензије.

Дугогодишње искуство у настави статистике и пословне информатике, учешће у унапређивању наставног процеса и припреми ученика за републичка такмичења из статистике, као и искуство у изради и рецензирању уџбеничке литературе и наставних материјала, додатно потврђују њену стручну оспособљеност. Посебно се издваја коауторство акредитоване збирке задатака из статистике за ученике средњих стручних школа, одобрене од стране надлежног министарства, што представља значајан резултат њеног дугогодишњег рада у области статистичког образовања.

На основу наведеног, Комисија закључује да је Далиборка Ђукић квалификована и припремљена за самосталан научноистраживачки рад на предложеној теми докторске дисертације и остваривање научних и стручних доприноса у области истраживања.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације је развој и валидација интегрисаног аналитичког оквира за

Modeling of Latent Psychosocial and Socio-Emotional Indicators in Students”.

1.3. Evaluation of the candidate's suitability to work on the proposed topic

Taking into account the results achieved during her previous education, as well as the candidate's research work in the fields of statistical modeling of latent constructs, multivariate analysis, educational analytics, machine learning and fuzzy logic, it can be concluded that she has acquired the relevant knowledge and research experience to work on the proposed dissertation topic. This is evidenced by papers published in scientific journals and conference proceedings, papers accepted for presentation and publication, and manuscripts currently under review.

Her many years of experience in teaching statistics and business informatics, her participation in improving the teaching process and in preparing students for national statistics competitions, as well as her experience in developing and reviewing textbooks and teaching materials, further confirm her professional competence. Particularly noteworthy is her co-authorship of an accredited collection of statistics exercises for students of secondary vocational schools, approved by the competent ministry, which represents a significant result of her long-standing work in statistics education.

Based on the above, the Committee concludes that Daliborka Đukić is qualified and prepared to conduct independent research on the proposed dissertation topic and to make scientific and professional contributions in the research field.

2. Research subject and objectives

The subject of this doctoral dissertation is the development and validation of an integrated analytical framework for modeling students'

моделовање психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља ученика, са посебним фокусом на вршњачку виктимизацију и повезане обрасце школског функционисања. Предложени оквир засниваће се на повезивању метода латентног моделовања, предиктивне аналитике и интерпретабилних приступа подршци одлучивању, са циљем да се сложени односи међу посматраним конструктима истовремено испитају са становишта њихове структуре, предиктивне информативности и могућности интерпретације добијених процена. Посебан аспект истраживања представљаће валидација и испитивање преносивости предложених аналитичких решења у различитим популацијама ученика и образовним контекстима.

Велика међународна образовна истраживања последњих деценија значајно су проширила могућности статистичког проучавања функционисања ученика. Поред података о образовним постигнућима, савремене базе података, међу којима се издваја Програм међународне процене ученичких постигнућа (PISA), обухватају показатеље школске климе, осећаја припадности и безбедности, односа са наставницима и вршњацима, ангажованости у настави, академских емоција и различитих облика изложености неповољним школским искуствима. Највећи број ових карактеристика не може се непосредно мерити, већ се проучава на основу већег броја међусобно повезаних индикатора. Због тога се идентификација, операционализација и моделовање латентних конструката намећу као један од кључних методолошких изазова савремених образовних истраживања.

Постојећи приступи анализи психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља ученика најчешће су усмерени на појединачне аспекте сложеног аналитичког проблема. Методе латентног моделовања омогућавају идентификовање

psychosocial and socio-emotional indicators, with a particular focus on peer victimization and related patterns of school functioning. The proposed framework will be based on linking latent modeling methods, predictive analytics and interpretable decision-support approaches, with the aim of examining the complex relationships among the observed constructs simultaneously from the standpoint of their structure, their predictive informativeness and the interpretability of the resulting assessments. A particular aspect of the research will be the validation and examination of the transferability of the proposed analytical solutions across different student populations and educational contexts.

Large-scale international educational assessments of recent decades have considerably expanded the possibilities for the statistical study of student functioning. In addition to data on educational achievement, contemporary databases – among which the Programme for International Student Assessment (PISA) stands out – include indicators of school climate, sense of belonging and safety, relationships with teachers and peers, engagement in instruction, academic emotions, and various forms of exposure to adverse school experiences. Most of these characteristics cannot be measured directly, but are studied on the basis of a larger number of interrelated indicators. For this reason, the identification, operationalization and modeling of latent constructs emerge as one of the key methodological challenges of contemporary educational research.

Existing approaches to the analysis of students' psychosocial and socio-emotional indicators mostly focus on individual aspects of a complex analytical problem. Latent modeling methods enable the identification of constructs that are not directly measurable and the

конструката који нису непосредно мерљиви и испитивање односа међу њима, предиктивни модели омогућавају препознавање образаца у већем броју међусобно повезаних показатеља и процену вероватноће релевантних исхода, док су интерпретабилни аналитички приступи усмерени на разумљивост добијених процена и транспарентније повезивање улазних информација са резултатима модела. Иако сваки од ових приступа пружа значајне информације, њихова одвојена примена може довести до фрагментираног сагледавања појава које су по својој природи вишедимензионалне и међусобно повезане. Истовремено, савремени предиктивни модели често постижу високу тачност, али су недовољно интерпретабилни за практичну примену у образовном окружењу.

Непосредна мотивација за ово истраживање проистиче из претходних истраживања кандидаткиње заснованих на подацима PISA 2022. Почетна анализа, спроведена на узорку од 6.413 ученика из 181 школе у Србији, показала је да се индикатори претрпљеног вршњачког насиља и академске досаде могу груписати у смислене факторске димензије, између којих постоје статистички значајне позитивне везе (Đukić, 2025). Наредне анализе, спроведене на вишенационалном узорку ученика из Албаније, Хрватске, Северне Македоније, Црне Горе и Србије, издвојиле су различите латентне димензије академске досаде и вршњачке виктимизације и показале да односи међу њима зависе од конкретних димензија оба конструкта. Утврђено је и да је вршњачка виктимизација снажно повезана са изостајањем из школе услед осећаја небезбедности, при чему су се учесталост изостајања и процењени изгледи за изостајање повећавали са бројем облика виктимизације. Показатељи школског искуства показали су се информативним за предиктивно разликовање ученика према дефинисаном критеријуму ризика

examination of relationships among them; predictive models enable the recognition of patterns across a larger number of interrelated indicators and the estimation of the probability of relevant outcomes; while interpretable analytical approaches focus on the comprehensibility of the obtained estimates and a more transparent link between input information and model results. Although each of these approaches provides valuable information, their separate application may lead to a fragmented understanding of phenomena that are inherently multidimensional and interrelated. At the same time, contemporary predictive models often achieve high accuracy but are insufficiently interpretable for practical use in the educational setting.

The immediate motivation for this research stems from the candidate's previous studies based on PISA 2022 data. An initial analysis, conducted on a sample of 6,413 students from 181 schools in Serbia, showed that indicators of experienced peer bullying and academic boredom can be grouped into meaningful factor dimensions, between which statistically significant positive associations exist (Đukić, 2025). Subsequent analyses, conducted on a multinational sample of students from Albania, Croatia, North Macedonia, Montenegro and Serbia, identified distinct latent dimensions of academic boredom and peer victimization and showed that the relationships between them depend on the specific dimensions of both constructs. It was also found that peer victimization is strongly associated with school absenteeism due to feeling unsafe, with both the frequency of absenteeism and the estimated odds of absenteeism increasing with the number of forms of victimization. Indicators of school experience proved informative for the predictive discrimination of students according to a defined peer-victimization risk criterion: the multilayer perceptron (MLP) model achieved somewhat better performance than logistic regression, while the introduction of

вршњачке виктимизације: модел вишеслојног перцептрона (MLP) остварио је нешто боље перформансе од логистичке регресије, а увођење самоорганизујућих мапа (SOM) омогућило је идентификацију хетерогених профила ученика и додатно побољшало перформансе MLP модела.

Ови налази показују да различити аналитички приступи дају различите, али међусобно повезане информације о функционисању ученика. Латентни модели откривају структуру конструката и њихове међусобне односе, предиктивни модели испитују могућност класификације према дефинисаном критеријуму ризика, а профилисање открива хетерогеност која није видљива из појединачних показатеља. Методолошки изазов стога није само у избору модела који ће показати задовољавајућу статистичку или предиктивну успешност, већ у развоју оквира у којем се резултати различитих аналитичких приступа могу смислено повезати и заједнички интерпретирати, уз проверу њихове стабилности и преносивости изван популације и конкретних аналитичких спецификација на којима су развијени.

Као одговор на идентификовани методолошки изазов, предлаже се интегрисани аналитички оквир у којем структурни, предиктивни и интерпретабилни приступи имају међусобно повезане, али јасно разграничене улоге:

- **Структурна компонента** – идентификовање и валидација латентних структура релевантних психосоцијалних и социо-емоционалних конструката и испитивање односа међу њима применом експлораторне и конфирматорне факторске анализе и моделовања структурним једначинама;
- **Предиктивна компонента** – развој и поређење предиктивних модела за препознавање образаца повезаних са

self-organizing maps (SOM) enabled the identification of heterogeneous student profiles and further improved the performance of the MLP model.

These findings show that different analytical approaches yield different but interrelated information about student functioning. Latent models reveal the structure of constructs and their interrelationships, predictive models examine the possibility of classification according to a defined risk criterion, and profiling reveals heterogeneity that is not visible from individual indicators. The methodological challenge, therefore, lies not only in selecting a model that will show satisfactory statistical or predictive performance, but in developing a framework in which the results of different analytical approaches can be meaningfully linked and jointly interpreted, while verifying their stability and transferability beyond the population and the specific analytical specifications on which they were developed.

In response to the identified methodological challenge, an integrated analytical framework is proposed in which structural, predictive and interpretable approaches have interrelated but clearly delineated roles:

- **Structural component** – identification and validation of the latent structures of relevant psychosocial and socio-emotional constructs and examination of the relationships among them using exploratory and confirmatory factor analysis and structural equation modeling;
- **Predictive component** – development and comparison of predictive models for recognizing patterns associated with

повећаном рањивошћу ученика, уз испитивање доприноса појединачних показатеља и идентификованих профила ученика;

- **Интерпретабилна компонента** – развој система подршке одлучивању заснованог на фази логици, у којем се улазни показатељи и латентне процене формирају независно од спољашњег критеријума који се користи за вредновање система, а затим интегришу применом транспарентних правила у постепене и разумљиве нивое процене;
- **Валидациона компонента** – заједничка компонента оквира којом се утврђује у којој мери се добијене структуре, односи и обрасци процене задржавају у различитим популацијама ученика и образовним контекстима.

Емпиријску основу истраживања чиниће подаци међународног истраживања PISA 2022, у којем је учествовало приближно 690.000 петнаестогодишњих ученика из 81 земље и економије. Анализе ће уважавати сложени двоетапни стратификовани узорачки дизајн PISA истраживања, укључујући коначне ученичке и репликационе пондере. Развој модела заснива се на узорцима ученика из образовних система Југоисточне Европе, док су за екстерну валидацију предвиђени независни узорци који обухватају европске и источноазијске образовне системе, као и шири међународни узорак.

Циљеви докторске дисертације су вишеструки и хијерархијски организовани у складу са логиком истраживачког процеса.

Општи циљ истраживања јесте развој и валидација интегрисаног аналитичког оквира за моделовање психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља ученика, којим се повезују методе латентног моделовања, предиктивне аналитике и интерпретабилни приступи, ради целовитијег сагледавања образаца

increased student vulnerability, including examination of the contribution of individual indicators and of the identified student profiles;

- **Interpretable component** – development of a fuzzy-logic-based decision-support system in which the input indicators and latent estimates are formed independently of the external criterion used to evaluate the system, and are then integrated through transparent rules into graded and comprehensible assessment levels;
- **Validation component** – a shared component of the framework that establishes the extent to which the obtained structures, relationships and assessment patterns hold across different student populations and educational contexts.

The empirical basis of the research will be data from the international PISA 2022 study, in which approximately 690,000 fifteen-year-old students from 81 countries and economies participated. The analyses will take into account the complex two-stage stratified sampling design of PISA, including final student weights and replicate weights. Model development is based on samples of students from Southeast European education systems, while independent samples covering European and East Asian education systems, as well as a broader international sample, are envisaged for external validation.

The objectives of the doctoral dissertation are multiple and hierarchically organized in line with the logic of the research process.

The general objective of the research is the development and validation of an integrated analytical framework for modeling students' psychosocial and socio-emotional indicators, linking latent modeling methods, predictive analytics and interpretable approaches, in order to provide a more comprehensive

повезаних са вршњачком виктимизацијом и школским функционисањем ученика.

Специфични циљеви истраживања обухватају:

- идентификовање и валидацију латентних структура одабраних психосоцијалних и социо-емоционалних конструката и испитивање односа међу њима;
- испитивање повезаности идентификованих конструката са релевантним показатељима школског функционисања и вршњачке виктимизације;
- развој и поређење предиктивних модела за препознавање образаца повезаних са повећаном рањивошћу ученика, уз испитивање доприноса појединачних показатеља и идентификованих профила;
- развој интерпретабилног система подршке одлучивању заснованог на интеграцији релевантних психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља и транспарентним правилима њиховог повезивања;
- валидацију предложених модела и испитивање њихове робусности и преносивости у различитим популацијама ученика и образовним контекстима.

Почетна листа библиографских извора који ће се користити приликом израде докторске дисертације:

1. Appleton, J. J., Christenson, S. L., & Furlong, M. J. (2008). Student engagement with school: Critical conceptual and methodological issues of the construct. *Psychology in the Schools*, 45(5), 369–386.
2. Ayob, A., & Yassin, R. M. (2017). A confirmatory factor analysis of the attitude towards mathematics scale using multiply imputed datasets. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 4(3), 7–12.

understanding of patterns associated with peer victimization and students' school functioning.

The specific objectives of the research include:

- identification and validation of the latent structures of selected psychosocial and socio-emotional constructs and examination of the relationships among them;
- examination of the associations of the identified constructs with relevant indicators of school functioning and peer victimization;
- development and comparison of predictive models for recognizing patterns associated with increased student vulnerability, including examination of the contribution of individual indicators and identified profiles;
- development of an interpretable decision-support system based on the integration of relevant psychosocial and socio-emotional indicators and on transparent rules for linking them;
- validation of the proposed models and examination of their robustness and transferability across different student populations and educational contexts.

Initial list of bibliographic sources to be used in the preparation of the doctoral dissertation:

1. Appleton, J. J., Christenson, S. L., & Furlong, M. J. (2008). Student engagement with school: Critical conceptual and methodological issues of the construct. *Psychology in the Schools*, 45(5), 369–386.
2. Ayob, A., & Yassin, R. M. (2017). A confirmatory factor analysis of the attitude towards mathematics scale using multiply imputed datasets. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 4(3), 7–12.

3. Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), *Learning analytics: From research to practice* (pp. 61–75). Springer.
4. Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
5. Blažanin, B., Radišić, J., & Krstić, K. (2025). Toward becoming a “math-person”: Relationship between achievement emotions, personal beliefs, and mathematics identity. *Psihologija*, 58(1), 19–37.
6. Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. John Wiley & Sons.
7. Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). The Guilford Press.
8. Casalino, G., Castellano, G., Di Mitri, D., Kaczmarek-Majer, K., & Zaza, G. (2024). A human-centric approach to explain evolving data: A case study on education. In *2024 IEEE International Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems (EAIS)* (pp. 1–8). IEEE.
9. Chen, F. F. (2007). Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 14(3), 464–504.
10. Cho, R. M., & Choi, J. (2016). Social-psychological and educational outcomes associated with peer victimization among Korean adolescents. *International Journal of Behavioral Development*, 41(3), 329–340.
11. Cosma, A., Molcho, M., & Pickett, W. (2024). A focus on adolescent peer violence and bullying in Europe, central Asia and Canada: Health Behaviour in School-aged Children international report from the 2021/2022 survey (Vol. 2). WHO Regional Office for Europe.
12. Craig, W., Harel-Fisch, Y., Fogel-Grinvald, H., Dostaler, S., Hetland, J., Simons-Morton, B., Molcho, M., Gaspar de Matos, M., Overpeck, M., Due, P., & Pickett, W. (2009). A cross-national profile of bullying and victimization among adolescents in 40 countries. *International Journal of Public Health*, 54(Suppl. 2), 216–224.
13. Croon, M. (2002). Using predicted latent scores in general latent structure models. In G.
3. Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), *Learning analytics: From research to practice* (pp. 61–75). Springer.
4. Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
5. Blažanin, B., Radišić, J., & Krstić, K. (2025). Toward becoming a “math-person”: Relationship between achievement emotions, personal beliefs, and mathematics identity. *Psihologija*, 58(1), 19–37.
6. Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. John Wiley & Sons.
7. Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). The Guilford Press.
8. Casalino, G., Castellano, G., Di Mitri, D., Kaczmarek-Majer, K., & Zaza, G. (2024). A human-centric approach to explain evolving data: A case study on education. In *2024 IEEE International Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems (EAIS)* (pp. 1–8). IEEE.
9. Chen, F. F. (2007). Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 14(3), 464–504.
10. Cho, R. M., & Choi, J. (2016). Social-psychological and educational outcomes associated with peer victimization among Korean adolescents. *International Journal of Behavioral Development*, 41(3), 329–340.
11. Cosma, A., Molcho, M., & Pickett, W. (2024). A focus on adolescent peer violence and bullying in Europe, central Asia and Canada: Health Behaviour in School-aged Children international report from the 2021/2022 survey (Vol. 2). WHO Regional Office for Europe.
12. Craig, W., Harel-Fisch, Y., Fogel-Grinvald, H., Dostaler, S., Hetland, J., Simons-Morton, B., Molcho, M., Gaspar de Matos, M., Overpeck, M., Due, P., & Pickett, W. (2009). A cross-national profile of bullying and victimization among adolescents in 40 countries. *International Journal of Public Health*, 54(Suppl. 2), 216–224.
13. Croon, M. (2002). Using predicted latent scores in general latent structure models. In G.

- A. Marcoulides & I. Moustaki (Eds.), *Latent variable and latent structure models* (pp. 195–223). Lawrence Erlbaum Associates.
14. Davis, J., & Goadrich, M. (2006). The relationship between precision-recall and ROC curves. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning (ICML '06)* (pp. 233–240). Association for Computing Machinery.
 15. Debray, T. P. A., Collins, G. S., Riley, R. D., Snell, K. I. E., Van Calster, B., Reitsma, J. B., & Moons, K. G. M. (2023a). Transparent reporting of multivariable prediction models developed or validated using clustered data: TRIPOD-Cluster checklist. *BMJ*, 380, e071018.
 16. Debray, T. P. A., Collins, G. S., Riley, R. D., Snell, K. I. E., Van Calster, B., Reitsma, J. B., & Moons, K. G. M. (2023b). Transparent reporting of multivariable prediction models developed or validated using clustered data (TRIPOD-Cluster): Explanation and elaboration. *BMJ*, 380, e071058.
 17. de Jong, V. M. T., Moons, K. G. M., Eijkemans, M. J. C., Riley, R. D., & Debray, T. P. A. (2021). Developing more generalizable prediction models from pooled studies and large clustered data sets. *Statistics in Medicine*, 40, 3533–3559.
 18. Devlieger, I., Mayer, A., & Rosseel, Y. (2016). Hypothesis testing using factor score regression: A comparison of four methods. *Educational and Psychological Measurement*, 76(5), 741–770.
 19. Đukić, D. (2025). Analysis of the relationship between peer bullying and boredom in schools in Serbia. *Nastava i vaspitanje*, 74(1), 119–134.
 20. Đukić, D. (2026). Rana identifikacija rizika vršnjačke viktimizacije kao osnova za unapređenje kvaliteta života učenika: Analiza podataka PISA 2022. U M. Nikolić i M. Vantić-Tanjić (ur.), *Unapređenje kvalitete života djece i mladih: Tematski zbornik / Improving the Quality of Life of Children and Youth: Conference Proceedings* (str. 107–116). Udruženje za podršku i kreativni razvoj djece i mladih.
 21. Enders, C. K. (2022). *Applied missing data analysis* (2nd ed.). Guilford Press.
- A. Marcoulides & I. Moustaki (Eds.), *Latent variable and latent structure models* (pp. 195–223). Lawrence Erlbaum Associates.
 14. Davis, J., & Goadrich, M. (2006). The relationship between precision-recall and ROC curves. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning (ICML '06)* (pp. 233–240). Association for Computing Machinery.
 15. Debray, T. P. A., Collins, G. S., Riley, R. D., Snell, K. I. E., Van Calster, B., Reitsma, J. B., & Moons, K. G. M. (2023a). Transparent reporting of multivariable prediction models developed or validated using clustered data: TRIPOD-Cluster checklist. *BMJ*, 380, e071018.
 16. Debray, T. P. A., Collins, G. S., Riley, R. D., Snell, K. I. E., Van Calster, B., Reitsma, J. B., & Moons, K. G. M. (2023b). Transparent reporting of multivariable prediction models developed or validated using clustered data (TRIPOD-Cluster): Explanation and elaboration. *BMJ*, 380, e071058.
 17. de Jong, V. M. T., Moons, K. G. M., Eijkemans, M. J. C., Riley, R. D., & Debray, T. P. A. (2021). Developing more generalizable prediction models from pooled studies and large clustered data sets. *Statistics in Medicine*, 40, 3533–3559.
 18. Devlieger, I., Mayer, A., & Rosseel, Y. (2016). Hypothesis testing using factor score regression: A comparison of four methods. *Educational and Psychological Measurement*, 76(5), 741–770.
 19. Đukić, D. (2025). Analysis of the relationship between peer bullying and boredom in schools in Serbia. *Nastava i vaspitanje*, 74(1), 119–134.
 20. Đukić, D. (2026). Rana identifikacija rizika vršnjačke viktimizacije kao osnova za unapređenje kvaliteta života učenika: Analiza podataka PISA 2022. U M. Nikolić i M. Vantić-Tanjić (ur.), *Unapređenje kvalitete života djece i mladih: Tematski zbornik / Improving the Quality of Life of Children and Youth: Conference Proceedings* (str. 107–116). Udruženje za podršku i kreativni razvoj djece i mladih.
 21. Enders, C. K. (2022). *Applied missing data analysis* (2nd ed.). Guilford Press.

22. Epstein, S., Roberts, E., Sedgwick, R., Polling, C., Finning, K., Ford, T., Dutta, R., & Downs, J. (2020). School absenteeism as a risk factor for self-harm and suicidal ideation in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 29(9), 1175–1194.
23. Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874.
24. Foldnes, N., & Grønneberg, S. (2022). The sensitivity of structural equation modeling with ordinal data to underlying non-normality and observed distributional forms. *Psychological Methods*, 27(4), 541–567.
25. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109.
26. Freiberg Hoffmann, A., Stover, J. B., de la Iglesia, G., & Fernández Liporace, M. (2013). Correlaciones policóricas y tetracóricas en estudios factoriales exploratorios y confirmatorios. *Ciencias Psicológicas*, 7(2), 151–164.
27. Fry, D., Fang, X., Elliott, S., Casey, T., Zheng, X., Li, J., Florian, L., & McCluskey, G. (2018). The relationships between violence in childhood and educational outcomes: A global systematic review and meta-analysis. *Child Abuse & Neglect*, 75, 6–28.
28. Furlong, M. J., Smith, D. C., Springer, T., & Dowdy, E. (2021). Bored with school! Bored with life? Well-being characteristics associated with a school boredom mindset. *Journal of Positive School Psychology*, 5(1), 42–64.
29. Goetz, T., Nett, U. E., Martiny, S. E., Hall, N. C., Pekrun, R., Dettmers, S., & Trautwein, U. (2012). Students' emotions during homework: Structures, self-concept antecedents, and achievement outcomes. *Learning and Individual Differences*, 22(2), 225–234.
30. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
31. Gorsuch, R. L. (1983). *Factor analysis* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
22. Epstein, S., Roberts, E., Sedgwick, R., Polling, C., Finning, K., Ford, T., Dutta, R., & Downs, J. (2020). School absenteeism as a risk factor for self-harm and suicidal ideation in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 29(9), 1175–1194.
23. Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874.
24. Foldnes, N., & Grønneberg, S. (2022). The sensitivity of structural equation modeling with ordinal data to underlying non-normality and observed distributional forms. *Psychological Methods*, 27(4), 541–567.
25. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109.
26. Freiberg Hoffmann, A., Stover, J. B., de la Iglesia, G., & Fernández Liporace, M. (2013). Correlaciones policóricas y tetracóricas en estudios factoriales exploratorios y confirmatorios. *Ciencias Psicológicas*, 7(2), 151–164.
27. Fry, D., Fang, X., Elliott, S., Casey, T., Zheng, X., Li, J., Florian, L., & McCluskey, G. (2018). The relationships between violence in childhood and educational outcomes: A global systematic review and meta-analysis. *Child Abuse & Neglect*, 75, 6–28.
28. Furlong, M. J., Smith, D. C., Springer, T., & Dowdy, E. (2021). Bored with school! Bored with life? Well-being characteristics associated with a school boredom mindset. *Journal of Positive School Psychology*, 5(1), 42–64.
29. Goetz, T., Nett, U. E., Martiny, S. E., Hall, N. C., Pekrun, R., Dettmers, S., & Trautwein, U. (2012). Students' emotions during homework: Structures, self-concept antecedents, and achievement outcomes. *Learning and Individual Differences*, 22(2), 225–234.
30. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
31. Gorsuch, R. L. (1983). *Factor analysis* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

32. Grice, J. W. (2001). Computing and evaluating factor scores. *Psychological Methods*, 6(4), 430–450.
33. Gubbels, J., van der Put, C. E., & Assink, M. (2019). Risk factors for school absenteeism and dropout: A meta-analytic review. *Journal of Youth and Adolescence*, 48(9), 1637–1667.
34. Hanushek, E. A. (2021). Addressing cross-national generalizability in educational impact evaluation. *International Journal of Educational Development*, 80, 102318.
35. Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
36. Hughes, M. R., Gaines, J. S., & Pryor, D. W. (2015). Staying away from school: Adolescents who miss school due to feeling unsafe. *Youth Violence and Juvenile Justice*, 13(3), 270–290.
37. Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1961–1990.
38. Ingram, R., & Luxton, D. (2005). Vulnerability–stress models. In B. L. Hankin & J. R. Z. Abela (Eds.), *Development of psychopathology: A vulnerability–stress perspective* (pp. 32–46). Sage.
39. Kaufman, S., Rosset, S., Perlich, C., & Stitelman, O. (2012). Leakage in data mining: Formulation, detection, and avoidance. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 6(4), Article 15.
40. Khosravi, H., Buckingham Shum, S., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074.
41. Kim, J., Kim, D.-g., & Kamphaus, R. (2022). Early detection of mental health through universal screening at schools. *Georgia Educational Researcher*, 19(1), Article 4.
42. Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling* (5th ed.). The Guilford Press.
32. Grice, J. W. (2001). Computing and evaluating factor scores. *Psychological Methods*, 6(4), 430–450.
33. Gubbels, J., van der Put, C. E., & Assink, M. (2019). Risk factors for school absenteeism and dropout: A meta-analytic review. *Journal of Youth and Adolescence*, 48(9), 1637–1667.
34. Hanushek, E. A. (2021). Addressing cross-national generalizability in educational impact evaluation. *International Journal of Educational Development*, 80, 102318.
35. Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
36. Hughes, M. R., Gaines, J. S., & Pryor, D. W. (2015). Staying away from school: Adolescents who miss school due to feeling unsafe. *Youth Violence and Juvenile Justice*, 13(3), 270–290.
37. Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1961–1990.
38. Ingram, R., & Luxton, D. (2005). Vulnerability–stress models. In B. L. Hankin & J. R. Z. Abela (Eds.), *Development of psychopathology: A vulnerability–stress perspective* (pp. 32–46). Sage.
39. Kaufman, S., Rosset, S., Perlich, C., & Stitelman, O. (2012). Leakage in data mining: Formulation, detection, and avoidance. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 6(4), Article 15.
40. Khosravi, H., Buckingham Shum, S., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074.
41. Kim, J., Kim, D.-g., & Kamphaus, R. (2022). Early detection of mental health through universal screening at schools. *Georgia Educational Researcher*, 19(1), Article 4.
42. Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling* (5th ed.). The Guilford Press.

43. Kohonen, T. (2001). Self-organizing maps (3rd ed.). Springer.
44. Lazić, M., Marić-Jurišin, S., & Malčić, B. (2024). Examining the factor structure of the teachers' sense of efficacy scale – short form in a Serbian sample of elementary-level teachers: A bifactor-ESEM approach. *Psihologija*, 57(1), 111–127.
45. Li, C. (2016). Confirmatory factor analysis with ordinal data: Comparing robust maximum likelihood and diagonally weighted least squares. *Behavior Research Methods*, 48(3), 936–949.
46. Lichtenfeld, S., Pekrun, R., Stupnisky, R. H., Reiss, K., & Murayama, K. (2012). Measuring students' emotions in the early years: The Achievement Emotions Questionnaire–Elementary School (AEQ-ES). *Learning and Individual Differences*, 22(2), 190–201.
47. Loo, R. (2002). A caveat on using single-item versus multiple-item scales. *Journal of Managerial Psychology*, 17(1), 68–75.
48. Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7(1), 1–13.
49. Man, X., Liu, J., & Xue, Z. (2022). Effects of bullying forms on adolescent mental health and protective factors: A global cross-regional research based on 65 countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2374.
50. Marsh, H. W., Guo, J., Parker, P. D., Pekrun, R., Basarkod, G., Dicke, T., Parada, R. H., Reeve, J., Craven, R., Ciarrochi, J., Sahdra, B., & Devine, E. K. (2023). Peer victimization: An integrative review and cross-national test of a tripartite model. *Educational Psychology Review*, 35, Article 46.
51. Meredith, W. (1993). Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance. *Psychometrika*, 58(4), 525–543.
52. Mgonja, T. (2024). Using interpretable machine learning approaches to predict and provide explanations for student completion of remedial mathematics. *Education and Information Technologies*, 29, 22287–22312.
53. Moore, S. E., Norman, R. E., Suetani, S., Thomas, H. J., Sly, P. D., & Scott, J. G. (2017).
43. Kohonen, T. (2001). Self-organizing maps (3rd ed.). Springer.
44. Lazić, M., Marić-Jurišin, S., & Malčić, B. (2024). Examining the factor structure of the teachers' sense of efficacy scale – short form in a Serbian sample of elementary-level teachers: A bifactor-ESEM approach. *Psihologija*, 57(1), 111–127.
45. Li, C. (2016). Confirmatory factor analysis with ordinal data: Comparing robust maximum likelihood and diagonally weighted least squares. *Behavior Research Methods*, 48(3), 936–949.
46. Lichtenfeld, S., Pekrun, R., Stupnisky, R. H., Reiss, K., & Murayama, K. (2012). Measuring students' emotions in the early years: The Achievement Emotions Questionnaire–Elementary School (AEQ-ES). *Learning and Individual Differences*, 22(2), 190–201.
47. Loo, R. (2002). A caveat on using single-item versus multiple-item scales. *Journal of Managerial Psychology*, 17(1), 68–75.
48. Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7(1), 1–13.
49. Man, X., Liu, J., & Xue, Z. (2022). Effects of bullying forms on adolescent mental health and protective factors: A global cross-regional research based on 65 countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2374.
50. Marsh, H. W., Guo, J., Parker, P. D., Pekrun, R., Basarkod, G., Dicke, T., Parada, R. H., Reeve, J., Craven, R., Ciarrochi, J., Sahdra, B., & Devine, E. K. (2023). Peer victimization: An integrative review and cross-national test of a tripartite model. *Educational Psychology Review*, 35, Article 46.
51. Meredith, W. (1993). Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance. *Psychometrika*, 58(4), 525–543.
52. Mgonja, T. (2024). Using interpretable machine learning approaches to predict and provide explanations for student completion of remedial mathematics. *Education and Information Technologies*, 29, 22287–22312.
53. Moore, S. E., Norman, R. E., Suetani, S., Thomas, H. J., Sly, P. D., & Scott, J. G. (2017).

- Consequences of bullying victimization in childhood and adolescence: A systematic review and meta-analysis. *World Journal of Psychiatry*, 7(1), 60–76.
54. Mullan, V. M. R., Golm, D., Juhl, J., Sajid, S., & Brandt, V. (2023). The relationship between peer victimisation, self-esteem, and internalizing symptoms in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 18(3), e0282224.
 55. Nakamoto, J., & Schwartz, D. (2010). Is peer victimization associated with academic achievement? A meta-analytic review. *Social Development*, 19(2), 221–242.
 56. Norrington, J. (2021). Adolescent peer victimization, self-concept, and psychological distress in emerging adulthood. *Youth & Society*, 53(2), 273–295.
 57. OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume II): Learning during—and from—disruption*. OECD Publishing.
 58. OECD. (2024). *PISA 2022 technical report*. OECD Publishing.
 59. Olweus, D. (1991). Bully/victim problems among schoolchildren: Basic facts and effects of a school-based intervention program. In D. J. Pepler & K. H. Rubin (Eds.), *The development and treatment of childhood aggression* (pp. 411–448). Lawrence Erlbaum Associates.
 60. Papadimitriou, S., & Virvou, M. (2025). Fuzzy logic and applications in education and games: Theory, practical implementations and a literature review. In *Artificial intelligence-based games as novel holistic educational environments to teach 21st century skills (Intelligent Systems Reference Library, Vol. 93, pp. 95–127)*. Springer.
 61. Pedrycz, W. (2001). Granular computing: An introduction. In *Proceedings of the 2001 North American Fuzzy Information Processing Society Conference (Vol. 3, pp. 1349–1354)*. IEEE.
 62. Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341.
- Consequences of bullying victimization in childhood and adolescence: A systematic review and meta-analysis. *World Journal of Psychiatry*, 7(1), 60–76.
54. Mullan, V. M. R., Golm, D., Juhl, J., Sajid, S., & Brandt, V. (2023). The relationship between peer victimisation, self-esteem, and internalizing symptoms in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 18(3), e0282224.
 55. Nakamoto, J., & Schwartz, D. (2010). Is peer victimization associated with academic achievement? A meta-analytic review. *Social Development*, 19(2), 221–242.
 56. Norrington, J. (2021). Adolescent peer victimization, self-concept, and psychological distress in emerging adulthood. *Youth & Society*, 53(2), 273–295.
 57. OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume II): Learning during—and from—disruption*. OECD Publishing.
 58. OECD. (2024). *PISA 2022 technical report*. OECD Publishing.
 59. Olweus, D. (1991). Bully/victim problems among schoolchildren: Basic facts and effects of a school-based intervention program. In D. J. Pepler & K. H. Rubin (Eds.), *The development and treatment of childhood aggression* (pp. 411–448). Lawrence Erlbaum Associates.
 60. Papadimitriou, S., & Virvou, M. (2025). Fuzzy logic and applications in education and games: Theory, practical implementations and a literature review. In *Artificial intelligence-based games as novel holistic educational environments to teach 21st century skills (Intelligent Systems Reference Library, Vol. 93, pp. 95–127)*. Springer.
 61. Pedrycz, W. (2001). Granular computing: An introduction. In *Proceedings of the 2001 North American Fuzzy Information Processing Society Conference (Vol. 3, pp. 1349–1354)*. IEEE.
 62. Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341.

63. Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P., & Perry, R. P. (2011). Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 36–48.
64. Pekrun, R., Hall, N. C., Goetz, T., & Perry, R. P. (2014). Boredom and academic achievement: Testing a model of reciprocal causation. *Journal of Educational Psychology*, 106(3), 696–710.
65. Powers, D. M. W. (2011). Evaluation: From precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2(1), 37–63.
66. Rahman, M. A., Renzaho, A. M. N., Kundu, S., Awal, M. A., Ashikuzzaman, M., Fan, L., Ahinkorah, B. O., Okyere, J., Kamara, J. K., & Mahumud, R. A. (2023). Prevalence and factors associated with chronic school absenteeism among 207,107 in-school adolescents: Findings from cross-sectional studies in 71 low-middle and high-income countries. *PLOS ONE*, 18(5), e0283046.
67. Riley, R. D., Archer, L., Snell, K. I. E., Ensor, J., Dhiman, P., Martin, G. P., Bonnett, L. J., & Collins, G. S. (2024). Evaluation of clinical prediction models (part 2): How to undertake an external validation study. *BMJ*, 384, e074820.
68. Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36.
69. Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., Saisana, M., & Tarantola, S. (2007). *Global sensitivity analysis: The primer*. John Wiley & Sons.
70. Saqr, M., López-Pernas, S., Tikka, S., & Spitzer, M. (2026). Early warning signals appear long before dropping out: An idiographic approach grounded in complex dynamic systems theory. In *Proceedings of the 16th International Learning Analytics and Knowledge Conference (LAK '26)* (pp. 216–226). Association for Computing Machinery.
71. Schwartz, D., Gorman, A. H., Nakamoto, J., & Toblin, R. L. (2005). Victimization in the peer group and children's academic functioning.

- Journal of Educational Psychology, 97(3), 425–435.
72. Schwartz, M. M., Frenzel, A. C., Goetz, T., Pekrun, R., Reck, C., Marx, A. K. G., & Fiedler, D. (2021). Boredom makes me sick: Adolescents' boredom trajectories and their health-related quality of life. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6308.
 73. Sghir, N., Adadi, A., & Lahmer, M. (2023). Recent advances in predictive learning analytics: A decade systematic review (2012–2022). *Education and Information Technologies*, 28, 8299–8333.
 74. Shao, K., Kutuk, G., Fryer, L. K., Nicholson, L., & Ji-dong, G. (2023). Factors influencing Chinese undergraduate students' emotions in an online EFL learning context during the COVID pandemic. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(5), 1465–1478.
 75. Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 252–254). Association for Computing Machinery.
 76. Sijtsma, K. (2009). On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha. *Psychometrika*, 74(1), 107–120.
 77. Skinner, E. A., Kindermann, T. A., & Furrer, C. J. (2009). A motivational perspective on engagement and disaffection: Conceptualization and assessment of children's behavioral and emotional participation in academic activities in the classroom. *Educational and Psychological Measurement*, 69(3), 493–525.
 78. Skrandal, A., & Laake, P. (2001). Regression among factor scores. *Psychometrika*, 66(4), 563–575.
 79. Steiner, R. J., & Rasberry, C. N. (2015). Associations between in-person and electronic bullying victimization and missing school because of safety concerns among US high school students. *Journal of Adolescence*, 43, 1–4.
72. Schwartz, M. M., Frenzel, A. C., Goetz, T., Pekrun, R., Reck, C., Marx, A. K. G., & Fiedler, D. (2021). Boredom makes me sick: Adolescents' boredom trajectories and their health-related quality of life. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6308.
 73. Sghir, N., Adadi, A., & Lahmer, M. (2023). Recent advances in predictive learning analytics: A decade systematic review (2012–2022). *Education and Information Technologies*, 28, 8299–8333.
 74. Shao, K., Kutuk, G., Fryer, L. K., Nicholson, L., & Ji-dong, G. (2023). Factors influencing Chinese undergraduate students' emotions in an online EFL learning context during the COVID pandemic. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(5), 1465–1478.
 75. Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 252–254). Association for Computing Machinery.
 76. Sijtsma, K. (2009). On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha. *Psychometrika*, 74(1), 107–120.
 77. Skinner, E. A., Kindermann, T. A., & Furrer, C. J. (2009). A motivational perspective on engagement and disaffection: Conceptualization and assessment of children's behavioral and emotional participation in academic activities in the classroom. *Educational and Psychological Measurement*, 69(3), 493–525.
 78. Skrandal, A., & Laake, P. (2001). Regression among factor scores. *Psychometrika*, 66(4), 563–575.
 79. Steiner, R. J., & Rasberry, C. N. (2015). Associations between in-person and electronic bullying victimization and missing school because of safety concerns among US high school students. *Journal of Adolescence*, 43, 1–4.

80. Steyerberg, E. W. (2019). Clinical prediction models: A practical approach to development, validation, and updating (2nd ed.). Springer.
81. Steyerberg, E. W., & Harrell, F. E. (2016). Prediction models need appropriate internal, internal-external, and external validation. *Journal of Clinical Epidemiology*, 69, 245–247.
82. Stockinger, K., Dresel, M., Marsh, H. W., & Pekrun, R. (2025). Strategies for regulating achievement emotions: Conceptualization and relations with university students' emotions, well-being, and health. *Learning and Instruction*, 98, 102089.
83. Turner, I., Reynolds, K., Lee, E., Subašić, E., & Bromhead, D. (2014). Well-being, school climate, and the social identity process: A latent growth model study of bullying perpetration and peer victimization. *School Psychology Quarterly*, 29(3), 320–335.
84. Unsworth, N., & McMillan, B. D. (2017). Attentional disengagements in educational contexts: A diary investigation of everyday mind-wandering and distraction. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), Article 31.
85. Van Tilburg, W. A. P., & Igou, E. R. (2017). Boredom begs to differ: Differentiation from other negative emotions. *Emotion*, 17(2), 309–322.
86. Vesanto, J., & Alhoniemi, E. (2000). Clustering of the self-organizing map. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 11(3), 586–600.
87. Vivolo-Kantor, A. M., Martell, B. N., Holland, K. M., & Westby, R. (2014). A systematic review and content analysis of bullying and cyber-bullying measurement strategies. *Aggression and Violent Behavior*, 19(4), 423–434.
88. Wang, C., Berry, B., & Swearer, S. M. (2013). The critical role of school climate in effective bullying prevention. *Theory Into Practice*, 52(4), 296–302.
89. Wang, M. T., & Eccles, J. S. (2012). Social support matters: Longitudinal effects of social support on three dimensions of school engagement from middle to high school. *Child Development*, 83(3), 877–895.

90. Watkins, M. W. (2018). Exploratory factor analysis: A guide to best practice. *Journal of Black Psychology*, 44(3), 219–246.
91. Woods, S., & Wolke, D. (2004). Direct and relational bullying among primary school children and academic achievement. *Journal of School Psychology*, 42(2), 135–155.
92. Wormington, S. V., Anderson, K. G., Schneider, A., Tomlinson, K. L., & Brown, S. A. (2016). Peer victimization and adolescent adjustment: Does school belonging matter? *Journal of School Violence*, 15(1), 1–21.
93. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
94. Zhu, J., Gao, W., Hu, L., Hao, J., Chen, Y., Wang, Y., Li, P., Chen, W., Ban, P., Yang, L., Zheng, X., Hou, C., Zhang, Y., Shen, Y., Chen, J., & Feng, K. (2026). Temporal dynamics of psychosocial risk and resilience pathways in adolescent depressive and anxiety symptoms: A three-wave longitudinal study. *BMC Psychology*, 14, Article 661.

3. Полазне хипотезе

Као главна научна хипотеза која ће бити тестирана у докторској дисертацији издваја се:

- **H0** – Различите компоненте психосоцијалног и социо-емоционалног функционисања ученика повезане са вршњачком виктимизацијом могу бити обухваћене интегрисаним аналитичким оквиром који повезује њихову латентну структуру и међусобне односе, предиктивну информативност и интерпретабилност добијених процена.

Посебне научне хипотезе у истраживању које проистичу из главне истраживачке хипотезе су:

- **H1** – Одабрани психосоцијални и социо-емоционални показатељи ученика образују статистички утемељене латентне структуре, између којих постоје статистички значајне повезаности са вршњачком виктимизацијом и релевантним

90. Watkins, M. W. (2018). Exploratory factor analysis: A guide to best practice. *Journal of Black Psychology*, 44(3), 219–246.
91. Woods, S., & Wolke, D. (2004). Direct and relational bullying among primary school children and academic achievement. *Journal of School Psychology*, 42(2), 135–155.
92. Wormington, S. V., Anderson, K. G., Schneider, A., Tomlinson, K. L., & Brown, S. A. (2016). Peer victimization and adolescent adjustment: Does school belonging matter? *Journal of School Violence*, 15(1), 1–21.
93. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
94. Zhu, J., Gao, W., Hu, L., Hao, J., Chen, Y., Wang, Y., Li, P., Chen, W., Ban, P., Yang, L., Zheng, X., Hou, C., Zhang, Y., Shen, Y., Chen, J., & Feng, K. (2026). Temporal dynamics of psychosocial risk and resilience pathways in adolescent depressive and anxiety symptoms: A three-wave longitudinal study. *BMC Psychology*, 14, Article 661.

3. Initial hypotheses

The main scientific hypothesis to be tested in the doctoral dissertation is:

- **H0** – Different components of students' psychosocial and socio-emotional functioning associated with peer victimization can be captured by an integrated analytical framework that links their latent structure and interrelationships, predictive informativeness and the interpretability of the resulting assessments.

The specific scientific hypotheses derived from the main research hypothesis are:

- **H1** – Selected psychosocial and socio-emotional indicators of students form statistically well-founded latent structures, which show statistically significant associations with peer victimization and with relevant indicators of school functioning.

показатељима
функционисања.

ШКОЛСКОГ

- **H2** – Мултиваријантни предиктивни модели засновани на психосоцијалним, социо-емоционалним и школским показатељима ученика омогућавају разликовање ученика према унапред дефинисаном критеријуму вршњачке виктимизације.
- **H3** – Нивои процене добијени применом интерпретабилног система подршке одлучивању показују статистички значајне разлике према релевантном спољашњем критеријуму психосоцијалне и школске рањивости ученика.

Поред постављених хипотеза, испитивање преносивости предложеног аналитичког оквира биће усмерено на следеће истраживачко питање:

- **H4** – У којој мери се кључне структуре, односи и обрасци процене добијени применом предложеног аналитичког оквира задржавају при примени на независним популацијама ученика из различитих образовних и социокултурних контекста?

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживања која ће бити примењена у овом раду заснована је на комбинацији општих научних метода и савремених статистичких, психометријских и аналитичких поступака, који заједно омогућавају изградњу, проверу и валидацију интегрисаног аналитичког оквира за моделовање психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља ученика.

Као полазна основа биће коришћен систематичан преглед литературе из области психометрије, образовне аналитике, статистичког моделовања латентних конструката, машинског учења и система подршке одлучивању у образовању. Хипотетичко-дедуктивна метода биће примењена при формулисању

- **H2** – Multivariate predictive models based on students' psychosocial, socio-emotional and school-related indicators enable the discrimination of students according to a predefined peer-victimization criterion.
- **H3** – The assessment levels obtained by applying the interpretable decision-support system show statistically significant differences with respect to a relevant external criterion of students' psychosocial and school vulnerability.

In addition to the stated hypotheses, the examination of the transferability of the proposed analytical framework will focus on the following research question:

- **H4** – To what extent are the key structures, relationships and assessment patterns obtained with the proposed analytical framework preserved when applied to independent student populations from different educational and sociocultural contexts?

4. Scientific research methods

The research methodology to be applied in this work is based on a combination of general scientific methods and contemporary statistical, psychometric and analytical procedures, which together enable the construction, testing and validation of an integrated analytical framework for modeling students' psychosocial and socio-emotional indicators.

A systematic literature review in the fields of psychometrics, educational analytics, statistical modeling of latent constructs, machine learning and decision-support systems in education will serve as the starting point. The hypothetico-deductive method will be applied in formulating and testing hypotheses about the structure of latent

и провери хипотеза о структури латентних конструката, њиховим међусобним односима и повезаности са вршњачком виктимизацијом и показатељима школског функционисања.

Истраживање ће се заснивати на подацима међународног истраживања PISA 2022, уз уважавање карактеристика његовог сложеног узорачког дизајна и специфичности анализираних показатеља. Аналитички поступци биће прилагођени природи појединачних истраживачких питања и обухватиће методе латентног моделовања, моделовање структурним једначинама, предиктивне моделе машинског учења, методе профилисања ученика и интерпретабилне приступе засноване на фази логици.

У делу истраживања који се односи на идентификовање и испитивање латентних структура биће примењене експлораторна и конфирматорна факторска анализа, као и моделовање структурним једначинама (SEM). Факторске анализе биће коришћене за утврђивање димензионалности одабраних показатеља и процену адекватности мерних модела, уз примену поступака прилагођених ординалној природи индикатора (полихоричне корелације, MLR и WLSMV процењивачи) и процену квалитета уклапања на основу показатеља CFI, TLI, RMSEA и SRMR. Упоредивост мерних модела између образовних система биће испитивана применом вишегрупне конфирматорне факторске анализе и тестирањем мерне инваријантности. Анализе ће бити спровођене у статистичком окружењу R, уз примену пакета lavaan и сродних пакета.

Предиктивни део истраживања биће усмерен на развој и поређење модела за препознавање образаца повезаних са вршњачком виктимизацијом. Биће размотрени модели различитог степена сложености – логистичка регресија као референтни статистички модел, вештачке неуронске мреже типа вишеслојног

constructs, their interrelationships and their associations with peer victimization and indicators of school functioning.

The research will be based on data from the international PISA 2022 study, taking into account the characteristics of its complex sampling design and the specific features of the analyzed indicators. The analytical procedures will be adapted to the nature of the individual research questions and will include latent modeling methods, structural equation modeling, machine learning predictive models, student profiling methods and interpretable approaches based on fuzzy logic.

In the part of the research concerned with identifying and examining latent structures, exploratory and confirmatory factor analysis, as well as structural equation modeling (SEM), will be applied. Factor analyses will be used to determine the dimensionality of the selected indicators and to assess the adequacy of the measurement models, using procedures appropriate for the ordinal nature of the indicators (polychoric correlations, MLR and WLSMV estimators) and assessing model fit on the basis of the CFI, TLI, RMSEA and SRMR indices. The comparability of measurement models across education systems will be examined using multi-group confirmatory factor analysis and measurement invariance testing. The analyses will be conducted in the R statistical environment, using the lavaan package and related packages.

The predictive part of the research will focus on the development and comparison of models for recognizing patterns associated with peer victimization. Models of varying complexity will be considered – logistic regression as the reference statistical model, multilayer perceptron (MLP) artificial neural networks, and a hybrid SOM–MLP approach in which

перцептрона (MLP) и хибридни SOM–MLP приступ, у којем се ненадгледано профилисање ученика самоорганизујућим мапама повезује са надгледаном класификацијом. Развој модела и процена њихове успешности биће раздвојени применом одговарајућих поступака тренинга, валидације и тестирања (укључујући стратификовану унакрсну валидацију и валидацију са груписањем према школама), уз посебну пажњу усмерену на спречавање преноса информација из евалуационих у развојне скупове података. Предиктивна успешност биће процењивана применом комплементарних показатеља: ROC-AUC, PR-AUC, прецизности, одзива и F1 мере.

Интерпретабилни део истраживања обухватиће развој система подршке одлучивању заснованог на фази логици, којим ће се релевантни психосоцијални и социо-емоционални показатељи интегрисати у разумљиве нивое процене. При формирању улазних показатеља система обезбедиће се њихова аналитичка одвојеност од спољашњег критеријума који се користи за вредновање, како би се избегло преношење информација из критеријума у поступак формирања процене. Биће примењен Мамданијев систем фази закључивања, са лингвистички интерпретабилним функцијама припадности и експлицитно дефинисаним IF–THEN правилима. Вредновање система биће засновано на испитивању односа формираних нивоа процене са релевантним спољашњим критеријумом, као и на анализи осетљивости и робусности резултата при разумним изменама кључних моделских спецификација. У оквиру анализе осетљивости биће размотрен и утицај неизвесности у процени латентних скорова на стабилност резултата система подршке одлучивању.

Метода валидације биће примењена ради испитивања поузданости, стабилности и преносивости предложених модела на независним популацијама ученика из

unsupervised student profiling by self-organizing maps is combined with supervised classification. Model development and performance evaluation will be separated through appropriate training, validation and testing procedures (including stratified cross-validation and school-grouped validation), with particular attention paid to preventing information leakage from the evaluation into the development datasets. Predictive performance will be assessed using complementary metrics: ROC-AUC, PR-AUC, precision, recall and the F1 score.

The interpretable part of the research will include the development of a fuzzy-logic-based decision-support system that integrates relevant psychosocial and socio-emotional indicators into comprehensible assessment levels. When forming the system's input indicators, their analytical separation from the external criterion used for evaluation will be ensured, in order to avoid carrying information from the criterion into the assessment-formation process. A Mamdani fuzzy inference system will be applied, with linguistically interpretable membership functions and explicitly defined IF–THEN rules. The evaluation of the system will be based on examining the relationship between the resulting assessment levels and a relevant external criterion, as well as on an analysis of the sensitivity and robustness of the results under reasonable changes to key model specifications. Within the sensitivity analysis, the impact of uncertainty in the estimation of latent scores on the stability of the decision-support system results will also be considered.

The validation method will be applied to examine the reliability, stability and transferability of the proposed models on independent student populations from different

различитих образовних и социокултурних контекста. Где природа модела то омогућава, спецификације утврђене у развојној фази биће унапред фиксиране и задржане приликом примене на независним узорцима, без накнадног прилагођавања на основу исхода у тим узорцима. На тај начин биће испитано у којој мери се структуре, односи и обрасци процене утврђени у развојном узорку задржавају у новим популацијама, уз јасно разграничење између преносивости модела и мерне инваријантности латентних конструката. Компаративна метода биће примењена за поређење различитих статистичких и аналитичких приступа у погледу њихове предиктивне успешности, интерпретабилности и практичне применљивости.

Резултати истраживања биће представљени путем текстуалног излагања и описа, табеларно, путем слика и дијаграма. Процеси анализе, синтезе, апстракције и генерализације биће примењени за извођење закључака о дometу и ограничењима предложеног оквира. С обзиром на пресечни карактер података, утврђени односи биће тумачени као обрасци повезаности, а не као доказ узрочних веза, док ће се предиктивна успешност односити на способност модела да разликује ученике према унапред дефинисаном критеријуму, а не на предвиђање будућих индивидуалних исхода.

5. Очекивани научни допринос

Најзначајнији допринос ове докторске дисертације биће развој интегрисаног аналитичког оквира који повезује структурно разумевање психосоцијалних и социо-емоционалних конструката ученика, предиктивно моделовање и интерпретабилност добијених процена, верификованог на подацима из више образовних система.

educational and sociocultural contexts. Where the nature of the model allows it, the specifications established in the development phase will be fixed in advance and retained when applied to independent samples, without subsequent adjustment based on the outcomes in those samples. In this way, the extent to which the structures, relationships and assessment patterns established in the development sample hold in new populations will be examined, with a clear distinction between model transferability and the measurement invariance of latent constructs. The comparative method will be applied to compare different statistical and analytical approaches in terms of their predictive performance, interpretability and practical applicability.

The research results will be presented through textual exposition and description, in tables, figures and diagrams. The processes of analysis, synthesis, abstraction and generalization will be applied to draw conclusions about the scope and limitations of the proposed framework. Given the cross-sectional nature of the data, the established relationships will be interpreted as patterns of association rather than as evidence of causal relationships, while predictive performance will refer to the models' ability to discriminate between students according to a predefined criterion, rather than to the prediction of future individual outcomes.

5. Expected scientific contribution

The most significant contribution of this doctoral dissertation will be the development of an integrated analytical framework that links the structural understanding of students' psychosocial and socio-emotional constructs, predictive modeling and the interpretability of the resulting assessments, verified on data from multiple education systems.

Очекивани научни доприноси овог рада су следећи:

- Развој интегрисаног методолошког оквира за идентификацију, операционализацију и статистичко моделовање латентних психосоцијалних и социо-емоционалних конструката код ученика.
- Унапређење разумевања улоге латентних психосоцијалних и социо-емоционалних конструката као показатеља психосоцијалне и образовне рањивости ученика, укључујући испитивање њихове информативности у ситуацијама у којима показатељи контекстуалног ризика нису изражени.
- Унапређење метода за испитивање међусобних односа латентних конструката и њихове повезаности са различитим аспектима школског функционисања, добробити и развојних исхода ученика.
- Развој интерпретабилних статистичких и аналитичких модела за идентификацију сложених образаца функционисања ученика и њихову примену у образовној аналитици.
- Проширење могућности примене метода машинског учења и система подршке одлучивању у препознавању психосоцијалне и образовне рањивости ученика.
- Утврђивање услова преносивости интерпретабилних модела и система подршке одлучивању на различите популације ученика и образовне системе.

Очекивани стручни доприноси овог рада огледају се у следећем:

- Систематизација научне литературе и постојећих приступа моделовању психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља ученика, уз критичку анализу њихових ограничења.

The expected scientific contributions of this work are as follows:

- Development of an integrated methodological framework for the identification, operationalization and statistical modeling of latent psychosocial and socio-emotional constructs in students.
- Advancing the understanding of the role of latent psychosocial and socio-emotional constructs as indicators of students' psychosocial and educational vulnerability, including an examination of their informativeness in situations where indicators of contextual risk are not pronounced.
- Improvement of methods for examining the interrelationships of latent constructs and their associations with various aspects of students' school functioning, well-being and developmental outcomes.
- Development of interpretable statistical and analytical models for identifying complex patterns of student functioning and their application in educational analytics.
- Expanding the possibilities for applying machine learning methods and decision-support systems in recognizing students' psychosocial and educational vulnerability.
- Establishing the conditions for the transferability of interpretable models and decision-support systems to different student populations and education systems.

The expected professional contributions of this work are reflected in the following:

- Systematization of the scientific literature and existing approaches to modeling students' psychosocial and socio-emotional indicators, with a critical analysis of their limitations.

- Систематично повезивање латентног моделовања, метода машинског учења, профилисања ученика и фази логике у поновљив методолошки поступак, уз испитивање његове стабилности и преносивости.
- Дефинисање стратегије развоја, интерне и екстерне валидације модела на подацима великих међународних образовних истраживања, уз уважавање сложеног узорачког дизајна.
- Развој транспарентног система подршке одлучивању чији се резултати могу непосредно повезати са улазним показатељима и правилима на основу којих су формиран.

Друштвени доприноси резултата истраживања односе се на следеће:

- Резултати истраживања продубиће сазнања о обрасцима повезаним са вршњачком виктимизацијом и школским функционисањем ученика у различитим образовним контекстима.
- Указивање на суптилније показатеље рањивости, попут академске досаде и неангажованости, може допринети благовременијем препознавању ученика којима је потребна подршка.
- Предложени оквир може пружити додатну основу за стручно разматрање и усмеравање даљег праћења и подршке ученицима, без претензије да замени професионалну процену или представља аутоматизовани систем одлучивања.

- Systematic integration of latent modeling, machine learning methods, student profiling and fuzzy logic into a reproducible methodological procedure, with an examination of its stability and transferability.
- Definition of a strategy for model development and for internal and external validation on data from large-scale international educational assessments, taking into account the complex sampling design.
- Development of a transparent decision-support system whose results can be directly linked to the input indicators and rules on the basis of which they were formed.

The societal contributions of the research results are as follows:

- The research results will deepen knowledge of the patterns associated with peer victimization and students' school functioning in different educational contexts.
- Pointing to more subtle indicators of vulnerability, such as academic boredom and disengagement, may contribute to the more timely identification of students in need of support.
- The proposed framework may provide an additional basis for professional consideration and for guiding further monitoring and support of students, without claiming to replace professional judgment or to constitute an automated decision-making system.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања докторске дисертације приказан је у следећој табели:

Задатак	Методе, технике, стандарди
1. Анализа постојећег стања и теоријских полазишта	
- Систематизација теоријских и емпијских полазишта о психосоцијалном и социо-емоционалном функционисању ученика - Дефинисање скупа релевантних психосоцијалних, социо-емоционалних и школских показатеља - Дефинисање хипотеза и истраживачког питања	- Систематичан преглед литературе - Претраживање индексних база података - Компаративна анализа
2. Идентификовање и валидација латентних структура	
- Идентификовање и валидација латентних структура одабраних конструката - Испитивање међусобних односа конструката - Испитивање повезаности са вршњачком виктимизацијом и показатељима школског функционисања	- Експлораторна и конфирматорна факторска анализа - Моделовање структурним једначинама (SEM) - Испитивање мерне инваријантности - Поступци прилагођени сложенем узорачком дизајну PISA истраживања
3. Предиктивно моделовање и профилисање ученика	
- Избор и припрема предиктора - Развој и поређење предиктивних модела - Идентификовање профила ученика и њихова интеграција у предиктивне моделе - Евалуација предиктивне успешности	- Логистичка регресија - Вишеслојни перцептрон (MLP) - Самоорганизујуће мапе (SOM), SOM-MLP - Унакрсна валидација; ROC-AUC, PR-AUC, F1 мера

6. Research plan and dissertation structure

The research plan of the doctoral dissertation is presented in the following table:

Tasks	Methods, techniques, standards
1. Analysis of the state of the art and theoretical foundations	
- Systematization of the theoretical and empirical foundations of students' psychosocial and socio-emotional functioning - Definition of a set of relevant psychosocial, socio-emotional and school-related indicators - Formulation of hypotheses and the research question	- Systematic literature review - Search of indexed databases - Comparative analysis
2. Identification and validation of latent structures	
- Identification and validation of the latent structures of selected constructs - Examination of the interrelationships among constructs - Examination of associations with peer victimization and indicators of school functioning	- Exploratory and confirmatory factor analysis - Structural equation modeling (SEM) - Measurement invariance testing - Procedures adapted to the complex sampling design of PISA
3. Predictive modeling and student profiling	
- Selection and preparation of predictors - Development and comparison of predictive models - Identification of student profiles and their integration into predictive models - Evaluation of predictive performance	- Logistic regression - Multilayer perceptron (MLP) - Self-organizing maps (SOM), SOM-MLP - Cross-validation; ROC-AUC, PR-AUC, F1 score

4. Развој интерпретабилног система подршке одлучивању	
- Дефинисање концептуалне структуре система - Избор и интеграција улазних показатеља - Дефинисање функција припадности и правила закључивања - Формирање интерпретабилних нивоа процене и вредновање у односу на спољашњи критеријум	- Мамданијев систем фази закључивања - Лингвистичке функције припадности и IF–THEN правила - Анализа осетљивости и робустности
5. Валидација, преносивост и синтеза резултата	
- Примена компоненти оквира на независним популацијама ученика - Испитивање стабилности структурних, предиктивних и интерпретабилних компоненти - Синтеза резултата и верификација хипотеза - Дефинисање праваца будућег истраживања	- Екстерна валидација - Анализа преносивости модела - Анализа и синтеза - Индуктивно-дедуктивно закључивање

Оквирно, структуру докторске дисертације сачињаваће следећа поглавља:

1. Увод
2. Психосоцијално и социо-емоционално функционисање ученика у образовном контексту
 - 2.1. Психосоцијални и социо-емоционални показатељи ученика
 - 2.2. Вршњачка виктимизација као вишедимензионални феномен
 - 2.3. Академска досада и други аспекти школског функционисања
 - 2.4. Односи психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља са школским функционисањем ученика
3. Методе моделовања психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља
 - 3.1. Латентно и структурно моделовање

4. Development of an interpretable decision-support system	
- Definition of the conceptual structure of the system - Selection and integration of input indicators - Definition of membership functions and inference rules - Formation of interpretable assessment levels and evaluation against an external criterion	- Mamdani fuzzy inference system - Linguistic membership functions and IF–THEN rules - Sensitivity and robustness analysis
5. Validation, transferability and synthesis of results	
- Application of the framework components to independent student populations - Examination of the stability of the structural, predictive and interpretable components - Synthesis of results and verification of hypotheses - Definition of future research directions	- External validation - Model transferability analysis - Analysis and synthesis - Inductive-deductive reasoning

The provisional structure of the doctoral dissertation will consist of the following chapters:

1. Introduction
2. Psychosocial and Socio-Emotional Functioning of Students in the Educational Context
 - 2.1. Psychosocial and socio-emotional indicators of students
 - 2.2. Peer victimization as a multidimensional phenomenon
 - 2.3. Academic boredom and other aspects of school functioning
 - 2.4. Relationships of psychosocial and socio-emotional indicators with students' school functioning
3. Methods for Modeling Psychosocial and Socio-Emotional Indicators
 - 3.1. Latent and structural modeling
 - 3.2. Predictive models and machine learning methods

- 3.2. Предиктивни модели и методе машинског учења
- 3.3. Профилисање ученика и ненадгледано учење
- 3.4. Интерпретабилност аналитичких модела
- 3.5. Фази логика и системи подршке одлучивању
- 3.6. Валидација, робусност и преносивост модела
- 4. Методолошки оквир истраживања**
 - 4.1. Предмет и проблем истраживања
 - 4.2. Циљеви, хипотезе и истраживачка питања
 - 4.3. Подаци и узорци
 - 4.4. Избор и операционализација показатеља
 - 4.5. План статистичких и аналитичких поступака
 - 4.6. Стратегија валидације и испитивања преносивости
- 5. Латентне структуре и односи психосоцијалних и социо-емоционалних конструката**
 - 5.1. Идентификовање латентних структура
 - 5.2. Валидација мерних модела
 - 5.3. Односи између латентних конструката
 - 5.4. Повезаност са вршњачком виктимизацијом и школским функционисањем
- 6. Предиктивно моделовање и профилисање ученика**
 - 6.1. Избор и припрема предиктора
 - 6.2. Развој и поређење предиктивних модела
 - 6.3. Идентификовање профила ученика
 - 6.4. Интеграција профила и предиктивних модела
 - 6.5. Евалуација предиктивне успешности

- 3.3. Student profiling and unsupervised learning
- 3.4. Interpretability of analytical models
- 3.5. Fuzzy logic and decision-support systems
- 3.6. Validation, robustness and transferability of models
- 4. Methodological Framework of the Research**
 - 4.1. Subject and problem of the research
 - 4.2. Objectives, hypotheses and research questions
 - 4.3. Data and samples
 - 4.4. Selection and operationalization of indicators
 - 4.5. Plan of statistical and analytical procedures
 - 4.6. Strategy for validation and transferability testing
- 5. Latent Structures and Relationships of Psychosocial and Socio-Emotional Constructs**
 - 5.1. Identification of latent structures
 - 5.2. Validation of measurement models
 - 5.3. Relationships between latent constructs
 - 5.4. Association with peer victimization and school functioning
- 6. Predictive Modeling and Student Profiling**
 - 6.1. Selection and preparation of predictors
 - 6.2. Development and comparison of predictive models
 - 6.3. Identification of student profiles
 - 6.4. Integration of profiles and predictive models
 - 6.5. Evaluation of predictive performance

- 7. Интерпретабилни систем подршке одлучивању**
 - 7.1. Концептуална структура система
 - 7.2. Избор и интеграција улазних показатеља
 - 7.3. Дефинисање функција припадности и правила закључивања
 - 7.4. Формирање интерпретабилних нивоа процене
 - 7.5. Вредновање у односу на спољашњи критеријум
 - 7.6. Анализа осетљивости и робусности
- 8. Валидација и преносивост предложеног аналитичког оквира**
 - 8.1. Валидација на независним популацијама ученика
 - 8.2. Преносивост у различитим образовним системима
 - 8.3. Стабилност структурних, предиктивних и интерпретабилних компоненти
 - 8.4. Домет и ограничења преносивости предложеног оквира
- 9. Интегративна дискусија**
 - 9.1. Синтеза резултата различитих аналитичких приступа
 - 9.2. Научни и методолошки доприноси
 - 9.3. Практичне импликације
 - 9.4. Ограничења истраживања и правци даљег рада
- 10. Закључак**
- 11. Литература**

- 7. Interpretable Decision-Support System**
 - 7.1. Conceptual structure of the system
 - 7.2. Selection and integration of input indicators
 - 7.3. Definition of membership functions and inference rules
 - 7.4. Formation of interpretable assessment levels
 - 7.5. Evaluation against an external criterion
 - 7.6. Sensitivity and robustness analysis
- 8. Validation and Transferability of the Proposed Analytical Framework**
 - 8.1. Validation on independent student populations
 - 8.2. Transferability across different education systems
 - 8.3. Stability of the structural, predictive and interpretable components
 - 8.4. Scope and limitations of the transferability of the proposed framework
- 9. Integrative Discussion**
 - 9.1. Synthesis of the results of different analytical approaches
 - 9.2. Scientific and methodological contributions
 - 9.3. Practical implications
 - 9.4. Research limitations and directions for future work
- 10. Conclusion**
- 11. References**

7. Закључак и предлог

Из изложеног се може закључити да кандидаткиња Далиборка Ђукић испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом **„Статистичко моделовање латентних психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља код ученика”**.

Далиборка Ђукић поседује знања из области статистике, мултиваријационе анализе, статистичког моделовања латентних конструката, машинског учења и фази логике, неопходна за успешан рад на докторској дисертацији.

Тема припада ужој научној области Рачунарска статистика, мултидисциплинарна је и актуелна. Добијени резултати могу допринети унапређењу метода моделовања психосоцијалних и социо-емоционалних показатеља ученика и развоју интерпретабилних аналитичких решења, са практичном применом у образовној аналитици, праћењу добробити ученика и препознавању образаца психосоцијалне и образовне рањивости.

На основу свега наведеног, комисија предлаже Наставно-научном већу да прихвати предложену тему и одобри израду пријављене докторске дисертације. За ментора докторске дисертације предлаже се др Зоран Радојичић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

7. Conclusion and proposal

Based on the foregoing, it can be concluded that the candidate Daliborka Đukić fulfills all the requirements prescribed by the Law on Higher Education for the approval of the preparation of the doctoral dissertation titled **“Statistical Modeling of Latent Psychosocial and Socio-Emotional Indicators in Students”**.

Daliborka Đukić possesses the knowledge in statistics, multivariate analysis, statistical modeling of latent constructs, machine learning and fuzzy logic necessary for successful work on the doctoral dissertation.

The topic belongs to the narrow scientific field of Computational Statistics; it is multidisciplinary and timely. The obtained results may contribute to the advancement of methods for modeling students' psychosocial and socio-emotional indicators and to the development of interpretable analytical solutions, with practical application in educational analytics, the monitoring of student well-being and the recognition of patterns of psychosocial and educational vulnerability.

Based on all of the above, the Committee proposes that the Academic Council accept the proposed topic and approve the preparation of the submitted doctoral dissertation. Dr Zoran Radojičić, Full Professor at the Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, is proposed as the dissertation mentor.

Чланови Комисије / Committee members

др Зоран Радојичић, редовни професор Универзитет у Београду - Факултет организационих наука	Dr Zoran Radojičić, full professor University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences
--	--

др Милан Радојичић, доцент Универзитет у Београду - Факултет организационих наука	Dr Milan Radojičić, assistant professor University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences
--	---

др Павле Милошевић, ванредни професор Универзитет у Београду - Факултет организационих наука	Dr Pavle Milošević, associate professor University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences
---	---

др Свјетлана Јанковић-Шоја, ванредни професор Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет	Dr Svjetlana Janković-Šoja, associate professor University of Belgrade, Faculty of Agriculture
--	---

др Ана Старчевић, ванредни професор Универзитет у Београду - Медицински факултет	Dr Ana Starčević, associate professor University of Belgrade, Faculty of Medicine
---	--

Београд, 18.09.2026. / Belgrade, 18/09/2026