



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Нурсултана Аскарбекулија за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа
Факултета организационих наука -
Универзитета у Београду:

05-01 бр. 3/57-14 од 28. 5. 2026. године
именовани смо за чланове Комисије за
преглед и одбрану приступног рада и оцену
научне заснованости теме докторске
дисертације кандидата Нурсултана
Аскарбекулија (Nursultan Askarbekuly) под
насловом:

**„Едукациони системи за препоручивање
засновани на исходима: метода за
мерење, оптимизацију и оцењивање
исхода учења, заснована на подацима”.**

На основу материјала приложеног уз
Захтев кандидата, Комисија подноси
следећи

ИЗВЕШТАЈ

UNIVERSITY OF BELGRADE
Faculty of Organizational Sciences

TO THE ACADEMIC COUNCIL

Subject: Suitability of the topic and candidate
Nursultan Askarbekuly for the preparation of a
doctoral dissertation

By the Decision of the Academic Council of
the Faculty of Organizational Sciences -
University of Belgrade:

05-01 No. 3/57-14 dated 28th May 2026, we
were appointed as members of the Committee
for the review and defense of the Ph.D.
proposal and for the assessment of the
scientific foundation of the doctoral
dissertation topic of candidate Nursultan
Askarbekuly titled:

**“Outcome-Aware Educational
Recommender Systems: A Data-Driven
Method for Measuring, Optimizing, and
Evaluating Learning Outcomes”.**

Based on the material submitted with the
candidate’s request, the Committee submits the
following

REPORT

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Нурсултан Аскарбекули рођен је 5. новембра 1991. године у Алматију, Казахстан. Средњу школу завршио је 2009. године у Астани, Казахстан.

Након завршетка средње школе наставио је школовање на Универзитету у Единбургу, Уједињено Краљевство, где је 2014. године завршио основне студије рачунарства. Од 2015. до 2018. године радио је као софтверски инжењер у Сједињеним Америчким Државама и Казахстану и стекао практично искуство у развоју софтвера, производном инжењерству и пројектовању софтверских система усмерених ка корисницима.

На Универзитету Инополис, Русија, 2020. године, кандидат је наставио своје образовање и завршио је мастер студије софтверског инжењерства.

Од 2022. године уписан је на докторске студије на Факултету организационих наука Универзитета у Београду. Успешно је положио све испите предвиђене програмом докторских студија. Његово докторско истраживање припада областима едукационих система за препоручивање, аналитике учења, мерења оријентисаног ка циљевима и оцењивања исхода учења заснованог на подацима. Истраживање повезује мерење оријентисано ка циљевима, конструктивно усклађивање, образовање засновано на исходима и оцењивање система за препоручивање.

Паралелно са формалним образовањем, кандидат је похађао стручне школе и програме. На летњој школи iOS развоја nFactorial Incubator, одржаној у Алматију 2016. године, освојио је награду на

1. Candidate information

1.1. Biography

Candidate Nursultan Askarbekuly was born on 5th November 1991, in Almaty, Kazakhstan. He graduated from high school in 2009 in Astana, Kazakhstan.

After completing high school, Nursultan Askarbekuly continued his education at the University of Edinburgh, United Kingdom, where he completed the bachelor's program in Computer Science in 2014. After graduation, he worked as a software engineer in the United States and Kazakhstan from 2015 to 2018. During this period, he gained practical experience in software development, product engineering, and the design of user-centric software systems.

He continued his education at Innopolis University, Russia, where he completed the master's program in Software Engineering in 2020.

Since 2022, Nursultan Askarbekuly has been enrolled in the doctoral program at the Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade. He has successfully completed all exams in doctoral studies. His doctoral research belongs to the areas of educational recommender systems, learning analytics, goal-oriented measurement, and data-driven evaluation of learning outcomes. The research connects goal-oriented measurement, constructive alignment, outcome-based education, and recommender-system evaluation.

In parallel with his formal education, the candidate attended several relevant professional schools and programmes. In nFactorial Incubator iOS Development Summer School, held in Almaty in 2016, he

завршном Demo Day догађају са апликацијом Joode. Године 2017. похађао је Make School Summer Academy у Сан Франциску, Калифорнија, уз подршку гранта Фондације Шахмардан Јесенов.

У свом истраживачком раду, кандидат је усмерен на мерење оријентисано ка циљевима, конструктивно усклађивање у образовном софтверу, едукационе системе за препоручивање засноване на исходима, аутоматизацију оцењивања и системе за подршку ученицима. Његов докторски рад бави се системима за препоручивање у образовању који су свесни исхода и на практичне методе за мерење, оптимизацију, праћење и оцењивање исхода учења.

won Demo Day with the application Joode. In 2017, he attended Make School Summer Academy in San Francisco, California, with the support of a grant from the Shakhmardan Yessenov Foundation.

In his research work, Nursultan Askarbekuly has focused on goal-oriented measurement, constructive alignment in educational software, outcome-aware educational recommender systems, assessment automation, and learner-support systems. His doctoral work focuses on outcome-aware educational recommender systems and on practical methods for measuring, optimizing, monitoring, and evaluating learning outcomes.

1.2. Наставни рад и искуство

Од августа 2019. године кандидат је радио у Лабораторији за софтверски инжењеринг Универзитета Инополис као истраживач и виши предавач. Учествовао је у истраживању, настави и подршци тимовима који су радили на развоју софтвера.

Као главни предавач изводио је наставу на предметима Софтверски пројекат и Пакети алата за софтверски инжењеринг.

Његове истраживачке и наставне активности биле су повезане са инжењерингом захтева, развојем производа, пројектовањем софтвера, образовним софтвером и примењеном вештачком интелигенцијом.

1.2. Teaching and professional experience

From August 2019, he worked at the Software Engineering Laboratory of Innopolis University as a researcher and senior instructor. In this role, he participated in research, teaching, and the supervision or facilitation of software-development work.

As a primary instructor, he taught the courses Software Project and Software Engineering Toolkit.

His research and teaching activities were mainly connected with requirements engineering, product development, software design, educational software, and applied artificial intelligence.

1.3. Сечено научноистраживачко искуство

Научноистраживачко искуство кандидата обухвата радове у међународним научним часописима и у зборницима међународних конференција. Истраживачки рад кандидата реализован је у области софтверског инжењерства и образовних информацио-них система. У наставку, дат је списак објављених радова кандидата, као и преглед положених испита на докторским студијама.

Преглед објављених радова, приказан у хронолошком редоследу:

- S. Komolov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “An Empirical Study of Multi-threading Paradigms: Reactive Programming vs Continuation-Passing Style”, Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Computing and Big Data, pp. 37–41, 2020. (M33)
- A. Pavlenko, N. Askarbekuly, S. Megha, and M. Mazzara, “Micro-frontends: Application of Microservices to Web Front-ends”, Journal of Internet Services and Information Security, Vol. 10, No. 2, pp. 49–66, 2020. (M24+)
- K. Fedoseev, N. Askarbekuly, A. E. Uzbekova, and M. Mazzara, “Application of Data-oriented Design in Game Development”, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1694, No. 1, 012035, 2020. (M24+)
- Y. Pakhtusova, S. Megha, and N. Askarbekuly, “A Case Study on Combining Agile and User-centered Design”, International Conference on Frontiers in Software Engineering, pp. 47–62, 2021. (M33)
- D. Pimenov, A. Solovyov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Data-driven Approaches to User Interface Design: A Case Study”, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 2134, No. 1, 012020, 2021. (M24+)

1.3. Acquired research experience

The candidate’s scientific and research experience includes papers in international scientific journals and in proceedings of international conferences. The candidate’s research work has been realized in the field of software engineering and educational information systems. Below is a list of the candidate’s published papers, as well as an overview of passed exams in doctoral studies.

The list of published papers, presented in chronological order is given as follows:

- S. Komolov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “An Empirical Study of Multi-threading Paradigms: Reactive Programming vs Continuation-Passing Style”, Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Computing and Big Data, pp. 37–41, 2020. (M33)
- A. Pavlenko, N. Askarbekuly, S. Megha, and M. Mazzara, “Micro-frontends: Application of Microservices to Web Front-ends”, Journal of Internet Services and Information Security, Vol. 10, No. 2, pp. 49–66, 2020. (M24+)
- K. Fedoseev, N. Askarbekuly, A. E. Uzbekova, and M. Mazzara, “Application of Data-oriented Design in Game Development”, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1694, No. 1, 012035, 2020. (M24+)
- Y. Pakhtusova, S. Megha, and N. Askarbekuly, “A Case Study on Combining Agile and User-centered Design”, International Conference on Frontiers in Software Engineering, pp. 47–62, 2021. (M33)
- D. Pimenov, A. Solovyov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Data-driven Approaches to User Interface Design: A Case Study”, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 2134, No. 1, 012020, 2021. (M24+)

- V. Vertash, H. Aslam, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Introducing Gamification into Agile Processes of a Game Development Company”, 2021 International Conference “Nonlinearity, Information and Robotics”, pp. 1–6, 2021. (M33)
- A. Romanov, I. Salimzhanov, M. Imam, N. Askarbekuly, M. Mazzara, G. Succi, P. Zhdanov, and E. Bobrov, “Applying AI in Education: Creating a Grading Prediction System and Digitalizing Student Profiles”, 2022 International Conference on Frontiers of Communications, Information System and Data Science, pp. 84–93, 2022. (M33)
- E. Lukyanchikova, N. Askarbekuly, H. Aslam, and M. Mazzara, “A Case Study on Applications of the Hook Model in Software Products”, Software, Vol. 2, No. 2, pp. 292–309, 2023. (M53)
- A. Abounegm, M. Magomedov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Crowdsourcing for Second Language Learning”, Human Factors in Software and Systems Engineering, vol. 94, p. 86, 2023. (M53)
- M. Mazzara, I. Kotorov, Y. Krasylnykova, N. Askarbekuly, P. Zhdanov, and E. Bobrov, “Advanced Engineering School at Innopolis University: A Global Ecosystem for Future Leaders”, International KES Conference on Intelligent Decision Technologies, pp. 385–398, 2024. (M33)
- R. Salameh, M. Al Mdfaa, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Quranic Audio Dataset: Crowdsourced and Labeled Recitation from Non-Arabic Speakers”, Procedia Computer Science, vol. 246, pp. 2684–2693, 2024. (M24+)
- N. Askarbekuly, J. M. Bruel, F. Mayart, K. Khairullin, B. Talgat, Y. Gapurinov, G. Tulesheva, and M. Mazzara, “A/B Testing for Beginners: Reusable Controlled Experiments”, International Conference on Health Informatics, Intelligent Systems

- V. Vertash, H. Aslam, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Introducing Gamification into Agile Processes of a Game Development Company”, 2021 International Conference “Nonlinearity, Information and Robotics”, pp. 1–6, 2021. (M33)
- A. Romanov, I. Salimzhanov, M. Imam, N. Askarbekuly, M. Mazzara, G. Succi, P. Zhdanov, and E. Bobrov, “Applying AI in Education: Creating a Grading Prediction System and Digitalizing Student Profiles”, 2022 International Conference on Frontiers of Communications, Information System and Data Science, pp. 84–93, 2022. (M33)
- E. Lukyanchikova, N. Askarbekuly, H. Aslam, and M. Mazzara, “A Case Study on Applications of the Hook Model in Software Products”, Software, Vol. 2, No. 2, pp. 292–309, 2023. (M53)
- A. Abounegm, M. Magomedov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Crowdsourcing for Second Language Learning”, Human Factors in Software and Systems Engineering, vol. 94, p. 86, 2023. (M53)
- M. Mazzara, I. Kotorov, Y. Krasylnykova, N. Askarbekuly, P. Zhdanov, and E. Bobrov, “Advanced Engineering School at Innopolis University: A Global Ecosystem for Future Leaders”, International KES Conference on Intelligent Decision Technologies, pp. 385–398, 2024. (M33)
- R. Salameh, M. Al Mdfaa, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Quranic Audio Dataset: Crowdsourced and Labeled Recitation from Non-Arabic Speakers”, Procedia Computer Science, vol. 246, pp. 2684–2693, 2024. (M24+)
- N. Askarbekuly, J. M. Bruel, F. Mayart, K. Khairullin, B. Talgat, Y. Gapurinov, G. Tulesheva, and M. Mazzara, “A/B Testing for Beginners: Reusable Controlled Experiments”, International Conference on Health Informatics, Intelligent Systems and

and Networking Technologies, pp. 343–360, 2024. (M33) – G. Osotov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Empowering User Consent: Transparent Data Collection for Learner Profile in Educational Products”, Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications, 2024, vol. 406, p. 319, 2024. (M33) – H. Salem, H. Salloum, M. Mazzara, N. Askarbekuly, L. Johard, and G. Succi, “Hidden Risks: The Centralization of NFT Metadata and What It Means for the Market”, International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 154–162, 2025. (M33) – F. Atif, N. Askarbekuly, K. Darwish, and M. Choudhury, “Sacred or Synthetic? Evaluating LLM Reliability and Abstention for Religious Questions”, Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, Vol. 8, No. 1, pp. 217–226, 2025. (M33) Преглед објављених радова који су у непосредној вези с предложеном темом докторске дисертације кандидата: – N. Askarbekuly, A. Sadovykh, and M. Mazzara, “Combining Two Modelling Approaches: GQM and KAOS in an Open Source Project”, IFIP International Conference on Open Source Systems, pp. 106–119, 2020. (M33) – N. Askarbekuly, A. Solovyov, E. Lukyanchikova, D. Pimenov, and M. Mazzara, “Building an Educational Product: Constructive Alignment and Requirements Engineering”, International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, pp. 358–365, 2021. (M33) – N. Askarbekuly and N. Aničić, “LLM Examiner: Automating Assessment in Informal Self-Directed e-Learning using ChatGPT”, Knowledge and Information Systems, Vol. 66, No. 10, pp. 6133–6150, 2024. (M22)	Networking Technologies, pp. 343–360, 2024. (M33) – G. Osotov, N. Askarbekuly, and M. Mazzara, “Empowering User Consent: Transparent Data Collection for Learner Profile in Educational Products”, Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications, 2024, vol. 406, p. 319, 2024. (M33) – H. Salem, H. Salloum, M. Mazzara, N. Askarbekuly, L. Johard, and G. Succi, “Hidden Risks: The Centralization of NFT Metadata and What It Means for the Market”, International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 154–162, 2025. (M33) – F. Atif, N. Askarbekuly, K. Darwish, and M. Choudhury, “Sacred or Synthetic? Evaluating LLM Reliability and Abstention for Religious Questions”, Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, Vol. 8, No. 1, pp. 217–226, 2025. (M33) List of published papers that are directly related to the candidate’s proposed doctoral dissertation topic: – N. Askarbekuly, A. Sadovykh, and M. Mazzara, “Combining Two Modelling Approaches: GQM and KAOS in an Open Source Project”, IFIP International Conference on Open Source Systems, pp. 106–119, 2020. (M33) – N. Askarbekuly, A. Solovyov, E. Lukyanchikova, D. Pimenov, and M. Mazzara, “Building an Educational Product: Constructive Alignment and Requirements Engineering”, International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, pp. 358–365, 2021. (M33) – N. Askarbekuly and N. Aničić, “LLM Examiner: Automating Assessment in Informal Self-Directed e-Learning using ChatGPT”, Knowledge and Information Systems, Vol. 66, No. 10, pp. 6133–6150, 2024. (M22)
---	---

У радовима кандидата приказане су истраживачке активности које се односе на мерење оријентисано ка циљевима, конструктивно усклађивање едукативних активности са циљевима и аутоматизацију оцењивања у едукационим системима заснованим на исходима.			The candidate's papers present research activities related to goal-oriented measurement, constructive alignment of educational activities with goals, and assessment automation in outcome-based educational systems.		
<u>1.4. Списак положених предмета</u>			<u>1.4. List of passed exams</u>		
Списак положених предмета на докторским студијама са оценама и ЕСПБ бодовима:			The list of courses passed in doctoral studies, with grades and ECTS credits:		
Називи предмета	Оцена	ЕСПБ	Course title	Grade	ECTS
Савремена истраживања у области информационих система и технологија	10 (десет)	10	Contemporary Research in Information Systems and Technologies	10 (ten)	10
Управљање подацима	10 (десет)	10	Data Management	10 (ten)	10
Интероперабилност пословних система и апликација	10 (десет)	10	Interoperability of Business Systems and Applications	10 (ten)	10
Аутоматизација развоја информационих система	10 (десет)	10	Automation of Information Systems Development	10 (ten)	10
Развој информационих система	10 (десет)	10	Information Systems Development	10 (ten)	10
Машинско учење - одабрана поглавља	10 (десет)	10	Machine Learning - Selected Topics	10 (ten)	10
Системи за управљање пословним процесима	10 (десет)	10	Business Process Management Systems	10 (ten)	10
Пословна интелигенција - одабрана поглавља	10 (десет)	10	Business Intelligence - Selected Topics	10 (ten)	10
Пројектовање система агрегираних података	10 (десет)	10	Design of Aggregated Data Systems	10 (ten)	10
Кандидат је дана 16. 6. 2026. године успешно одбранио приступни рад за израду докторске дисертације под називом „Outcome-Aware Educational Recommender Systems: A Data-Driven Method for Measuring, Optimizing, and Evaluating Learning Outcomes”, у преводу на српски језик: „Едукациони системи за препоручивање засновани на исходима: метода за мерење, оптимизацију и оцењивање исхода учења, заснована на подацима“.			On 16 June 2026, the candidate successfully defended the PhD proposal for the preparation of the doctoral dissertation titled “Outcome-Aware Educational Recommender Systems: A Data-Driven Method for Measuring, Optimizing, and Evaluating Learning Outcomes”, translated into Serbian as “Едукациони системи за препоручивање засновани на исходима: метода за мерење, оптимизацију и оцењивање исхода учења, заснована на подацима”.		

1.5. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној тези

Кандидат Нурсултан Аскарбекули поседује формално образовање у области рачунарства и софтверског инжењерства, као и вишегодишње искуство у раду у области примене софтверског инжењерства, информационих система и технологија у научним и примењеним истраживачким пројектима. Својим научно-истраживачким радом, објављивањем научних радова и активним учествовањем на међународним научним конференцијама, постигао је значајан допринос у предметној области истраживања.

Узимајући у обзир:

- резултате остварене током основних, мастер и докторских студија,
- чињеницу да је кандидат положио све испите предвиђене програмом докторских студија и да је положио Приступни рад,
- објављене радове у областима софтверског инжењерства, образовних система, мерења оријентисаног ка циљевима и аутоматизације оцењивања,
- истраживачко, наставно и практично искуство у развоју софтверских система и
- досадашње резултате непосредно повезане са предложеном темом,

Комисија закључује да је кандидат Нурсултан Аскарбекули у потпуности квалификован и има потребно искуство за самосталан истраживачки рад на предложеној теми докторске дисертације „Outcome-Aware Educational Recommender Systems: A Data-Driven Method for Measuring, Optimizing, and Evaluating Learning Outcomes“.

1.5. Evaluation of the candidate's suitability for work on the proposed topic

Candidate Nursultan Askarbekuly possesses formal education in computer science and software engineering, as well as several years of experience in the application of software engineering, information systems, and technologies in scientific and applied research projects. Through his scientific and research work, publication of scientific papers, and active participation in international scientific conferences, he has made a significant contribution in the subject area of the research.

Taking into account:

- the results achieved during undergraduate, master's, and doctoral studies;
- the fact that the candidate has passed all exams prescribed by the doctoral-study programme and has passed the Ph.D. proposal defense;
- published papers in the areas of software engineering, educational systems, goal-oriented measurement, and assessment automation;
- research, teaching, and practical experience in the development of software systems; and
- previous results directly connected with the proposed topic;

the Committee concludes that candidate Nursultan Askarbekuly is fully qualified and has the necessary experience for independent research work on the proposed doctoral dissertation topic “Outcome-Aware Educational Recommender Systems: A Data-Driven Method for Measuring, Optimizing, and Evaluating Learning Outcomes”.

2. Предмет и циљ истраживања

Едукациони системи за препоручивање имају задатак да ученику при савладавању материје коју учи предложи садржаје, активности или путање учења прилагођене његовим потребама. Њихова успешност, међутим, најчешће се процењује показатељима као што су број кликова, број отворених садржаја, време provedено у систему, или тачност рангирања. Такви показатељи описују понашање корисника и квалитет препоруке, али не показују нужно да ли је ученик остварио планиране исходе учења.

Основни проблем истраживања предложеног за реализацију у овој докторској дисертацији је неусклађеност образовних исхода система за препоручивање и показатеља којима се они оптимизују и оцењују. У многим скуповима података који представљају основу таквих система, експлицитно су представљени ученици, садржаји и интеракције, али нису представљени планирани исходи учења, везе између садржаја и исхода учења, нити докази о овладавању тим исходима. Због тога, постојеће интеракционе податке није могуће анализирати у циљу непосредног тумачења као доказа учења и овладавања градивом.

У предложеном истраживању, *ефективност едукационог система за препоручивање* означава степен у којем едукациони систем за препоручивање подржава остваривање планираних исхода учења. Како је домен примене у предложеном истраживању образовни процес, очекује се да решење предложено овим истраживањем омогући ефективно овладавање исходима учења, такво да се операционализује путем метрика заснованих на процени степена савладаности материје која је предмет учења. Поред тога, у истраживању ће бити разматрани и други аспекти који се односе

2. Research subject and objective

Educational recommender systems are intended to support learners while they are mastering learning material by proposing content, activities, or learning paths adapted to their needs. Their success, however, is most often evaluated through indicators such as the number of clicks, the number of opened content items, time spent in the system, or ranking accuracy. Such indicators describe user behaviour and recommendation quality, but they do not necessarily show whether the learner has achieved the planned learning outcomes.

The main research problem addressed in this doctoral dissertation is the misalignment between the educational outcomes of recommender systems and the indicators by which such systems are optimized and evaluated. In many datasets used as the basis for educational recommender systems, learners, content, and interactions are represented explicitly, while planned learning outcomes, links between content and learning outcomes, and evidence of mastery of those outcomes are not represented. As a result, existing interaction data cannot be directly interpreted as evidence of learning or mastery of the material.

In the proposed research, *educational recommender effectiveness* denotes the degree to which an educational recommender system supports the achievement of planned learning outcomes. Since the application domain of the proposed research is the educational process, the proposed solution is expected to support effective mastery of learning outcomes, operationalized through metrics based on assessment of the degree of mastery of the material being learned. At the same time, the research also considers other related aspects that address metrics of recommendation quality, learner engagement, learner retention,

на метрике квалитета препорука, ангажовања ученика, задржавања ученика и других оперативних метрика, као комплементарних димензија и контролних показатеља.

Намена истраживања предложеног у овој докторској дисертацији је да превазђе или ублажи проблем неусклађености образовних исхода и показатеља којима се они оцењују доласком до методе која ће омогућити развој едукационих система за препоручивање, таквих да уважавају исходе учења.

Предмет истраживања је пројектовање, примена, анализа и оцењивање едукационих система за препоручивање заснованих на исходима. У предложеном истраживању, предмет интереса није један, партикуларни алгоритам за препоручивање, нити третман интеракција ученика и садржаја као изолованих, бихевиоралних догађаја. У овом истраживању, од интереса је долазак до свеобухватне методе која омогућава развој едукационих система који управљају жељеним исходима учења, воде рачуна како је садржај који је предмет учења повезан са исходима учења, анализирају дневнике интеракција и обезбеђују трансформисање ових података у доказе савладавања градива које представља предмет учења. Такав приступ омогућиће креирање стратегија препоручивања које могу бити оцењиване и оптимизоване не само у погледу рангирања квалитета, већ и у погледу прогреса ка остварењу жељених исхода учења.

У оквиру предложеног истраживања, планиран је развој методолошког приступа, праћеног софтверским окружењем под називом OBER. OBER представља едукационо окружење за препоручивање засновано на уважавању исхода учења. Ово окружење биће у могућности да управља жељеним исходима учења и пресликавањима дефинисаних садржаја на исходе

and other operational metrics as complementary dimensions and guardrail indicators.

The purpose of the research proposed in this doctoral dissertation is to overcome, or at least mitigate the mismatch between educational outcomes and the indicators used to evaluate them by arriving at a method that enables the development of educational recommender systems that explicitly take learning outcomes into account.

The subject of the research is the design, implementation, analysis, and evaluation of outcome-aware educational recommender systems. The proposed research is not concerned with one particular recommendation algorithm, nor with treating learner-content interactions as isolated behavioural events. Instead, the proposed research is concerned with arriving at a comprehensive method that enables educational systems to manage desired learning outcomes, account for how learning content is connected with those outcomes, analyze interaction logs, and transform such data into evidence of mastery of the material being learned. This approach enables recommendation strategies to be evaluated and optimized not only with respect to ranking quality, but also with respect to progress toward intended learning outcomes.

Within the proposed research, the development of a methodological approach is planned together with a software framework called OBER. OBER is an outcome-based educational recommender environment. The proposed framework manages intended learning outcomes and mappings between defined content and those outcomes. It also enables evaluation of learners' achievement of

учења. Такође, оно ће омогућити оцењивање достизања исхода од стране ученика и уградњу ових оцена у наменски моделовану структуру података система за препоручивање. Оцењивање достизања исхода биће омогућено израчунавањем степена савладаности исхода на основу доступних дневника интеракција ученик – садржај, када год постоје садржаји који су неопходни за верификацију достизања жељених исхода. Истраживањем предлаже се приступ који полази од анагажовања ученика и прати савладавање исхода учења, тако што додатно унапређује процес мерења извођењем сигнала за обучавање који уважавају исходе, позадинским поређењем варијанти за препоручивање и, затим, валидацијом позадински изабраних варијанти кроз непосредно рандомизоване случајеве употребе.

Основни циљ истраживања предложеног овом докторском дисертацијом представља долазак до научно засноване и емпиријски валидиране методе засноване на подацима за мерење, оцењивање и оптимизацију исхода учења у едукационим системима за препоручивање, такве да остварује препознатљиве вредности како за ученике, тако и за креаторе процеса учења заснованог на примени едукационих система за препоручивање. Главна вредност предложене методе треба да буде у достизању софтверског окружења које се може регуларно користити и обезбедити за поновљиво мерење и оцењивање достизања исхода учења. Оно треба да повезује интеракције ученика са планираним исходима, обезбеди доказе који се односе на процену савладаности исхода и да подржава оптимизацију препорука и праћење експеримената. Другим речима, метода треба да омогући едукационим платформама да утврде да ли препоруке помажу ученицима да остваре планиране исходе и да изаберу путање учења које најбоље подржавају њихово остварење.

outcomes and incorporation of these evaluations into a purposefully modeled recommender-system data structure. Outcome achievement is evaluated by calculating the degree of outcome mastery from available learner-content interaction logs whenever content required for verifying the desired outcomes exists. The research proposes an approach that starts from learner engagement and follows mastery of learning outcomes by improving measurement through outcome-aware training signals, offline comparison of recommendation variants, and validation of offline-selected variants through direct randomized use cases.

The main objective of this research is the establishment of a scientifically grounded and empirically validated data-driven method for measuring, evaluating, and optimizing learning outcomes in educational recommender systems, in a way that produces recognizable value both for learners and for creators of learning processes based on educational recommender systems. The main value of the proposed method is a software environment that can be used regularly and that provides repeatable measurement and evaluation of learning-outcome achievement. It should connect learner interactions with planned outcomes, provide evidence for assessment of outcome mastery, and support recommendation optimization and experiment monitoring. In other words, the method should enable educational platforms to determine whether recommendations help learners achieve intended outcomes and to select learning paths that best support their achievement.

У предложеном истраживању, овако постављени основни циљ разлаже се на више потциљева, при чему сваки од њих указује и на један резултат који предложена метода треба да оствари. Потциљеви основног циља су следећи:

1. Идентификација истраживачког јаза која је заснована на систематизованом истраживању и анализи литературе, а односни се на проблем непостојања чврсте везе између начина управљања образовним исходима од стране едукационих система за препоручивање, с једне стране, и метрика којима се достигнуће тих исхода најчешће оцењује.
2. Остварење формалног модела структуре података који повезује ученике, садржаје, планиране исходе, пресликавања садржаја на исходе и доказе о оцењивању остварења исхода учења.
3. Долазак до методе мерења савладаности исхода и методе обучавања система за препоручивање који претвара усклађене интеракције и педагошку структуру у сигнале за оцењивање и обучавање.
4. Долазак до процеса емпиријске валидације који повезује позадинске метрике засноване на исходима и путањама учења са непосредним резултатима заснованим на савладаности исхода учења.
5. Долазак до оперативног софтверског окружења за обједињено праћење степена савладаности исхода учења, ангажовања ученика, задржавања ученика и нивоа квалитета препорука.
6. Долазак до могућности широке применљивости предложеног софтверског окружења и мерних инструмената који су у њега уграђени на сродне образовне функције и проблемске домене, а што укључује и аутоматизацију оцењивања и конверзациону подршку ученицима.

Наведени циљеви истовремено су и научног и практичног карактера. С једне стране, они указују на формализацију начина за

In the proposed research, the main objective formulated in this way is decomposed into several sub-objectives, each of which also points to a result that the proposed method should achieve. The sub-objectives of the main objective are the following:

1. Identification of the research gap, based on systematic research and analysis of the literature, concerning the absence of a strong connection between the way educational recommender systems manage educational outcomes, on the one hand, and the metrics by which achievement of those outcomes is most often evaluated, on the other hand.
2. Establishment of a formal data-structure model that connects learners, content, planned outcomes, mappings of content to outcomes, and evidence for evaluating achievement of learning outcomes.
3. Providing a method for measuring outcome mastery and a method for training recommender systems that transform aligned interactions and pedagogical structure into evaluation and training signals.
4. Providing an empirical validation process that connects offline metrics based on outcomes and learning paths with direct results based on mastery of learning outcomes.
5. Providing an operational software environment for unified monitoring of the degree of mastery of learning outcomes, learner engagement, learner retention, and recommendation quality.
6. Providing a possibility of a broad applicability of the proposed software framework and the measurement instruments built into it to related educational functions and problem domains, including assessment automation and conversational learner support.

The stated objectives are both scientific and practical. On the scientific side, they point to formalization of the way learning outcomes

интеграцију исхода учења у едукационе системе за препоручивање, односно у процес обучавања система и оцењивања постигнућа ученика. У пракси, таква формализација омогућава приступ за трансформацију едукационих платформи из аналитичких система који прате само ангажман ученика ка системима који обезбеђују доказе о савладаности материје која је предмет учења.

Емпиријско истраживање спроводи се у оквиру апликације NamazApp, једног мобилног система за подршку неформалног учења. Овај систем обезбеђује дневнике интеракција, наставне садржаје, мапу исхода, резултате квизова и вежби и податке из експеримената спроведених у непосредној интеракцији. Постојећи скуп за позадинску анализу података садржи 604.417 интеракција, 55.203 ученика са 235 садржаја учења. Мапа садржи 39 исхода, од којих 34 има повезане садржаје за проверу. Непосредна анализа обухвата шест персонализованих варијанти и 67.414 ученика у фиксном периоду праћења од 28 дана.

У наставку следи листа библиографских извора који су већ коришћени током досадашњег истраживања и израде приступног рада, као и оних за које се очекује њихово коришћење у наставку истраживања:

- [1] H. Drachsler, K. Verbert, O. C. Santos, and N. Manouselis, "Panorama of recommender systems to support learning", in *Recommender systems handbook*, Springer, 2015, pp. 421–451.
- [2] M. C. Urdaneta-Ponte, A. Mendez-Zorrilla, and I. Oleagordia-Ruiz, "Recommendation systems for education: Systematic review", *Electronics*, vol. 10, no. 14, p. 1611, 2021.
- [3] N. Manouselis, H. Drachsler, R. Vuorikari, H. Hummel, and R. Koper, "Recommender systems in technology enhanced learning," in *Recommender systems handbook*, Springer, 2011, pp. 387–415.

can be integrated into educational recommender systems, that is, into the process of system training and evaluation of learner achievement. In practice, such formalization enables educational platforms to move from analytics systems that monitor only learner engagement toward systems that provide evidence of mastery of the material being learned.

The empirical research is conducted within NamazApp, a mobile system for supporting non-formal learning. This system provides interaction logs, learning content, an outcome map, quiz and exercise results, and online experiment data. The existing dataset for offline data analysis contains 604,417 interactions by 55,203 learners with 235 content items. The map contains 39 outcomes, of which 34 have associated assessment content. The direct analysis includes six personalized variants and 67,414 learners in a fixed 28-day follow-up period.

Below is a list of bibliographical sources already used during the research and preparation of the Ph.D. proposal, as well as sources expected to be used later:

- [1] H. Drachsler, K. Verbert, O. C. Santos, and N. Manouselis, "Panorama of recommender systems to support learning", in *Recommender systems handbook*, Springer, 2015, pp. 421–451.
- [2] M. C. Urdaneta-Ponte, A. Mendez-Zorrilla, and I. Oleagordia-Ruiz, "Recommendation systems for education: Systematic review", *Electronics*, vol. 10, no. 14, p. 1611, 2021.
- [3] N. Manouselis, H. Drachsler, R. Vuorikari, H. Hummel, and R. Koper, "Recommender systems in technology enhanced learning," in *Recommender systems handbook*, Springer, 2011, pp. 387–415.

[4] M. Erdt, A. Fernández, and C. Rensing, "Evaluating recommender systems for technology enhanced learning: A quantitative survey", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 8, no. 4, pp. 326–344, 2015.

[5] M. Deschênes, "Recommender systems to support learners' agency in a learning context: A systematic review", *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 17, pp. 1–23, 2020.

[6] N. Askarbekuly and I. Luković, "Learning outcomes, assessment, and evaluation in educational recommender systems: A systematic review", *arXiv preprint arXiv:2407.09500*, 2024.

[7] N. Askarbekuly, T. Fayzrakhmanov, S. Babarogić, and I. Luković, "An outcomebased educational recommender system", *arXiv preprint: arXiv:2509.18186*, 2025.

[8] N. Askarbekuly, S. Babarogić, M. Z. Jovanović, T. Fayzrakhmanov, and I. Luković, "From engagement to mastery: Integrating learning outcomes into educational recommender systems", *Manuscript submitted to the Journal of Information and Organizational Sciences*, 2026.

[9] N. Askarbekuly and N. Aničić, "Llm examiner: Automating assessment in informal self-directed e-learning using chatgpt", *Knowledge and Information Systems*, vol. 66, no. 10, pp. 6133–6150, 2024.

[10] J. Biggs, "Enhancing teaching through constructive alignment", *Higher Education*, vol. 32, no. 3, pp. 347–364, 1996.

[11] J. Biggs, "What the student does: Teaching for enhanced learning", *Higher education research & development*, vol. 31, no. 1, pp. 39–55, 2012.

[12] W. G. Spady, *Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers*. American Association of School Administrators, 1994.

[13] G. Shani and A. Gunawardana, "Evaluating recommendation systems", in *Recommender Systems Handbook*, Springer, 2011, pp. 257–297.

[14] F. Garcin, B. Faltings, O. Donatsch, A. Alazzawi, C. Bruttin, and A. Huber, "Offline

[4] M. Erdt, A. Fernández, and C. Rensing, "Evaluating recommender systems for technology enhanced learning: A quantitative survey", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 8, no. 4, pp. 326–344, 2015.

[5] M. Deschênes, "Recommender systems to support learners' agency in a learning context: A systematic review", *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 17, pp. 1–23, 2020.

[6] N. Askarbekuly and I. Luković, "Learning outcomes, assessment, and evaluation in educational recommender systems: A systematic review", *arXiv preprint arXiv:2407.09500*, 2024.

[7] N. Askarbekuly, T. Fayzrakhmanov, S. Babarogić, and I. Luković, "An outcomebased educational recommender system", *arXiv preprint: arXiv:2509.18186*, 2025.

[8] N. Askarbekuly, S. Babarogić, M. Z. Jovanović, T. Fayzrakhmanov, and I. Luković, "From engagement to mastery: Integrating learning outcomes into educational recommender systems", *Manuscript submitted to the Journal of Information and Organizational Sciences*, 2026.

[9] N. Askarbekuly and N. Aničić, "Llm examiner: Automating assessment in informal self-directed e-learning using chatgpt", *Knowledge and Information Systems*, vol. 66, no. 10, pp. 6133–6150, 2024.

[10] J. Biggs, "Enhancing teaching through constructive alignment", *Higher Education*, vol. 32, no. 3, pp. 347–364, 1996.

[11] J. Biggs, "What the student does: Teaching for enhanced learning", *Higher education research & development*, vol. 31, no. 1, pp. 39–55, 2012.

[12] W. G. Spady, *Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers*. American Association of School Administrators, 1994.

[13] G. Shani and A. Gunawardana, "Evaluating recommendation systems", in *Recommender Systems Handbook*, Springer, 2011, pp. 257–297.

[14] F. Garcin, B. Faltings, O. Donatsch, A. Alazzawi, C. Bruttin, and A. Huber, "Offline

and online evaluation of news recommender systems at swissinfo.ch”, in Proceedings of the 8th ACM Conference on Recommender Systems, ACM, 2014, pp. 169–176.

[15] N. Askarbekuly, A. Solovyov, E. Lukyanchikova, D. Pimenov, and M. Mazzara, “Building an educational product: Constructive alignment and requirements engineering”, in Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conferences on Human Factors in Software and Systems Engineering, Artificial Intelligence and Social Computing, and Energy, July 25-29, 2021, USA, Springer, 2021, pp. 358–365. doi: 10.1007/978-3-030-80624-8_44.

[16] V. R. B. G. Caldiera and H. D. Rombach, “The goal question metric approach”, Encyclopedia of software engineering, pp. 528–532, 1994.

[17] N. Askarbekuly, A. Sadovykh, and M. Mazzara, “Combining two modelling approaches: Gqm and kaos in an open source project”, in Open Source Systems: 16th IFIP WG 2.13 International Conference, OSS 2020, Innopolis, Russia, May 12–14, 2020, Proceedings 16, Springer, 2020, pp. 106–119. doi: 10.1007/978-3-030-47240-5_11.

[18] B. Kitchenham, “Procedures for performing systematic reviews”, Keele, UK, Keele University, vol. 33, no. 2004, pp. 1–26, 2004.

[19] R. Kohavi, R. Longbotham, D. Sommerfield, and R. M. Henne, “Controlled experiments on the web: Survey and practical guide”, Data mining and knowledge discovery, vol. 18, no. 1, pp. 140–181, 2009.

[20] R. Kohavi and R. Longbotham, “Online controlled experiments and a/b testing”, Encyclopedia of machine learning and data mining, vol. 7, no. 8, pp. 922–929, 2017.

[21] H. H. Olsson and J. Bosch, “The hypex model: From opinions to data-driven software development”, in Continuous software engineering, Springer, 2014, pp. 155–164.

and online evaluation of news recommender systems at swissinfo.ch”, in Proceedings of the 8th ACM Conference on Recommender Systems, ACM, 2014, pp. 169–176.

[15] N. Askarbekuly, A. Solovyov, E. Lukyanchikova, D. Pimenov, and M. Mazzara, “Building an educational product: Constructive alignment and requirements engineering”, in Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conferences on Human Factors in Software and Systems Engineering, Artificial Intelligence and Social Computing, and Energy, July 25-29, 2021, USA, Springer, 2021, pp. 358–365. doi: 10.1007/978-3-030-80624-8_44.

[16] V. R. B. G. Caldiera and H. D. Rombach, “The goal question metric approach”, Encyclopedia of software engineering, pp. 528–532, 1994.

[17] N. Askarbekuly, A. Sadovykh, and M. Mazzara, “Combining two modelling approaches: Gqm and kaos in an open source project”, in Open Source Systems: 16th IFIP WG 2.13 International Conference, OSS 2020, Innopolis, Russia, May 12–14, 2020, Proceedings 16, Springer, 2020, pp. 106–119. doi: 10.1007/978-3-030-47240-5_11.

[18] B. Kitchenham, “Procedures for performing systematic reviews”, Keele, UK, Keele University, vol. 33, no. 2004, pp. 1–26, 2004.

[19] R. Kohavi, R. Longbotham, D. Sommerfield, and R. M. Henne, “Controlled experiments on the web: Survey and practical guide”, Data mining and knowledge discovery, vol. 18, no. 1, pp. 140–181, 2009.

[20] R. Kohavi and R. Longbotham, “Online controlled experiments and a/b testing”, Encyclopedia of machine learning and data mining, vol. 7, no. 8, pp. 922–929, 2017.

[21] H. H. Olsson and J. Bosch, “The hypex model: From opinions to data-driven software engineering”, in Continuous software engineering, Springer, 2014, pp. 155–164.

[22] H. H. Olsson and J. Bosch, "Towards continuous customer validation: A conceptual model for combining qualitative customer feedback with quantitative customer observation", in *International Conference of Software Business*, Springer, 2015, pp. 154–166.

[23] C. Gao, W. Lei, X. He, M. de Rijke, and T.-S. Chua, "Advances and challenges in conversational recommender systems: A survey", *AI Open*, vol. 2, pp. 100–126, 2021. doi: 10.1016/j.aiopen.2021.06.002. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2101.09459>.

[24] D. Jannach, A. Manzoor, W. Cai, and L. Chen, "A survey on conversational recommender systems", *ACM Computing Surveys*, vol. 54, no. 5, pp. 1–36, 2021. doi: 10.1145/3453154. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2004.00646>.

[25] J. Fang, S. Gao, P. Ren, X. Chen, S. Verberne, and Z. Ren, "A multi-agent conversational recommender system", *arXiv*, vol. 2402.01135, 2024. doi: 10.48550/arXiv.2402.01135. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2402.01135>.

[26] I. Masiello, Z. Mohseni, F. Palma, S. Nordmark, et al., "A current overview of the use of learning analytics dashboards", *Education Sciences*, vol. 14, no. 1, p. 82, 2024. doi: 10.3390/educsci14010082.

[27] R. Kaliisa, K. Misiejuk, S. López-Pernas, M. Khalil, and M. Saqr, "Have learning analytics dashboards lived up to the hype? a systematic review of impact on students' achievement, motivation, participation and attitude", *arXiv preprint arXiv:2312.15042*, 2023.

[28] Upgrade: The open-source a/b testing platform for education, <https://www.upgradeplatform.org/>, Accessed 22 Sep 2025, Carnegie Learning, 2025.

[29] A. Siedahmed, Y. Pei, A. C. Sales, N. T. Heffernan, and J. Gagnon-Bartsch, "Etrials: Empowering data-driven decisions to enhance computer-based learning platforms", *arXiv preprint arXiv:2502.10545*, 2025.

[22] H. H. Olsson and J. Bosch, "Towards continuous customer validation: A conceptual model for combining qualitative customer feedback with quantitative customer observation", in *International Conference of Software Business*, Springer, 2015, pp. 154–166.

[23] C. Gao, W. Lei, X. He, M. de Rijke, and T.-S. Chua, "Advances and challenges in conversational recommender systems: A survey", *AI Open*, vol. 2, pp. 100–126, 2021. doi: 10.1016/j.aiopen.2021.06.002. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2101.09459>.

[24] D. Jannach, A. Manzoor, W. Cai, and L. Chen, "A survey on conversational recommender systems", *ACM Computing Surveys*, vol. 54, no. 5, pp. 1–36, 2021. doi: 10.1145/3453154. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2004.00646>.

[25] J. Fang, S. Gao, P. Ren, X. Chen, S. Verberne, and Z. Ren, "A multi-agent conversational recommender system", *arXiv*, vol. 2402.01135, 2024. doi: 10.48550/arXiv.2402.01135. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2402.01135>.

[26] I. Masiello, Z. Mohseni, F. Palma, S. Nordmark, et al., "A current overview of the use of learning analytics dashboards", *Education Sciences*, vol. 14, no. 1, p. 82, 2024. doi: 10.3390/educsci14010082.

[27] R. Kaliisa, K. Misiejuk, S. López-Pernas, M. Khalil, and M. Saqr, "Have learning analytics dashboards lived up to the hype? a systematic review of impact on students' achievement, motivation, participation and attitude", *arXiv preprint arXiv:2312.15042*, 2023.

[28] Upgrade: The open-source a/b testing platform for education, <https://www.upgradeplatform.org/>, Accessed 22 Sep 2025, Carnegie Learning, 2025.

[29] A. Siedahmed, Y. Pei, A. C. Sales, N. T. Heffernan, and J. Gagnon-Bartsch, "Etrials: Empowering data-driven decisions to enhance computer-based learning platforms", *arXiv preprint arXiv:2502.10545*, 2025.

[30] V. Kovanović et al., “Developing a MOOC Experimentation Platform: Insights from a User Study”, in Proceedings of the International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK), Extended presentation materials available online, 2017.

[31] W. Lei, X. He, Y. Miao, Q. Wu, R. Hong, M.-Y. Kan, and T. Chua, “Estimationaction-reflection: Towards deep interaction between conversational and recommender systems”, in Proceedings of The Web Conference (WWW), 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2002.09102>.

[32] Y. Deng, Y. Li, F. Sun, B. Ding, and W. Lam, “Unified conversational recommendation policy learning via graph-based reinforcement learning”, arXiv, vol. 2105.09710, 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2105.09710>.

[33] L. Friedman, S. Ahuja, D. Allen, Z. Tan, H. Sidahmed, C. Long, J. Xie, G. Schubiner, A. Patel, H. Lara, B. Chu, Z. Chen, and M. Tiwari, “Leveraging large language models in conversational recommender systems”, arXiv, vol. 2305.07961, 2023. doi: 10.48550/arXiv.2305.07961. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2305.07961>.

[34] S. Yao, J. Zhao, D. Yu, N. Du, I. Shafran, K. Narasimhan, and Y. Cao, “React: Synergizing reasoning and acting in language models”, arXiv, vol. 2210.03629, 2022. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2210.03629>.

[35] Object Management Group, Case management model and notation (cmmn) version 1.1, OMG Formal Specification (formal/16-12-01), 2016. [Online]. Available: <https://www.omg.org/spec/CMMN/1.1/About-CMMN>.

[36] Rasa Technologies, Inc., Conversational ai with language models (calm) — rasa documentation, Accessed 2025-09-26, 2025. [Online]. Available: <https://rasa.com/docs/learn/concepts/calm/>.

[37] NVIDIA Corporation, Nvidia nemo guardrails — documentation, Accessed 2025-

[30] V. Kovanović et al., “Developing a MOOC Experimentation Platform: Insights from a User Study”, in Proceedings of the International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK), Extended presentation materials available online, 2017.

[31] W. Lei, X. He, Y. Miao, Q. Wu, R. Hong, M.-Y. Kan, and T. Chua, “Estimationaction-reflection: Towards deep interaction between conversational and recommender systems”, in Proceedings of The Web Conference (WWW), 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2002.09102>.

[32] Y. Deng, Y. Li, F. Sun, B. Ding, and W. Lam, “Unified conversational recommendation policy learning via graph-based reinforcement learning”, arXiv, vol. 2105.09710, 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2105.09710>.

[33] L. Friedman, S. Ahuja, D. Allen, Z. Tan, H. Sidahmed, C. Long, J. Xie, G. Schubiner, A. Patel, H. Lara, B. Chu, Z. Chen, and M. Tiwari, “Leveraging large language models in conversational recommender systems”, arXiv, vol. 2305.07961, 2023. doi: 10.48550/arXiv.2305.07961. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2305.07961>.

[34] S. Yao, J. Zhao, D. Yu, N. Du, I. Shafran, K. Narasimhan, and Y. Cao, “React: Synergizing reasoning and acting in language models”, arXiv, vol. 2210.03629, 2022. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2210.03629>.

[35] Object Management Group, Case management model and notation (cmmn) version 1.1, OMG Formal Specification (formal/16-12-01), 2016. [Online]. Available: <https://www.omg.org/spec/CMMN/1.1/About-CMMN>.

[36] Rasa Technologies, Inc., Conversational ai with language models (calm) — rasa documentation, Accessed 2025-09-26, 2025. [Online]. Available: <https://rasa.com/docs/learn/concepts/calm/>.

[37] NVIDIA Corporation, Nvidia nemo guardrails — documentation, Accessed 2025-

09-26, 2025. [Online]. Available: <https://docs.nvidia.com/nemo/guardrails/latest/index.html>.

[38] D. Jannach, “Evaluating conversational recommender systems: A landscape of research”, *Artificial Intelligence Review*, vol. 56, pp. 2365–2400, 2023. doi: 10.1007/s10462-022-10229-x. [Online]. Available:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-022-10229-x>.

[39] L. Zheng, W. Chiang, Y. Sheng, S. Zhuang, Z. Wu, Y. Zhuang, Z. Lin, Z. Li, D. Li, E. P. Xing, H. Zhang, J. E. Gonzalez, and I. Stoica, “Judging LLM-as-a-judge with MT-Bench and Chatbot Arena”, *arXiv*, vol. 2306.05685, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2306.05685>.

[40] Y. Liu, D. Iter, Y. Xu, S. Wang, R. Xu, and C. Zhu, “G-eval: Nlg evaluation using GPT-4 with better human alignment”, in *Proceedings of EMNLP 2023*, 2023. [Online]. Available:

<https://aclanthology.org/2023.emnlp-main.153.pdf>.

[41] F. E. Dörner, V. Y. Nastl, and M. Hardt, “Limits to scalable evaluation at the frontier: LLM as judge won’t beat twice the data”, in *International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2025. [Online]. Available: https://proceedings.iclr.cc/paper_files/paper/2025/file/4264ee4376776907c0b87ed70b959585-Paper-Conference.pdf.

09-26, 2025. [Online]. Available: <https://docs.nvidia.com/nemo/guardrails/latest/index.html>.

[38] D. Jannach, “Evaluating conversational recommender systems: A landscape of research”, *Artificial Intelligence Review*, vol. 56, pp. 2365–2400, 2023. doi: 10.1007/s10462-022-10229-x. [Online]. Available:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-022-10229-x>.

[39] L. Zheng, W. Chiang, Y. Sheng, S. Zhuang, Z. Wu, Y. Zhuang, Z. Lin, Z. Li, D. Li, E. P. Xing, H. Zhang, J. E. Gonzalez, and I. Stoica, “Judging LLM-as-a-judge with MT-Bench and Chatbot Arena”, *arXiv*, vol. 2306.05685, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2306.05685>.

[40] Y. Liu, D. Iter, Y. Xu, S. Wang, R. Xu, and C. Zhu, “G-eval: Nlg evaluation using GPT-4 with better human alignment”, in *Proceedings of EMNLP 2023*, 2023. [Online]. Available:

<https://aclanthology.org/2023.emnlp-main.153.pdf>.

[41] F. E. Dörner, V. Y. Nastl, and M. Hardt, “Limits to scalable evaluation at the frontier: LLM as judge won’t beat twice the data”, in *International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2025. [Online]. Available: https://proceedings.iclr.cc/paper_files/paper/2025/file/4264ee4376776907c0b87ed70b959585-Paper-Conference.pdf.

3. Полазне хипотезе

Предложено истраживање заснива се на претпоставци да едукациони системи за препоручивање могу бити моделовани и оцењивани кроз експлицитно задате исходе учења. Главна хипотеза истраживања формулисана је на следећи начин:

H0. Ефективност едукационог система за препоручивање који уважава остваривање планираних исхода учења, може се моделовати и унапредити дефинисањем жељених исхода, пресликавањем садржаја на жељене исходе и потврђивање оцено кроз модел структуре података система за препоручивање.

Главна хипотеза може се декомпоновати на следеће посебне хипотезе:

H1. Дневници интеракција ученика са садржајима и експлицитна пресликавања садржаја на исходе могу бити комбиновани ради проценивања савладаности образовних исхода.

H2. Емпиријски сигнали и експертска педагошка структура, који су изведени из исхода учења, могу се претворити у сигнале за обучавање кроз различите варијанте система за препоручивање.

H3. Издвојене метрике које узимају у обзир трајекторије учења засноване на понашању успешних ученика, могу бити корисније од стандардних метрика рангирања при избору варијанти које показују добро остварење исхода у савладавању градива.

H4. Метрике засноване на исходима могу бити операционализоване кроз систем за праћење који обједињено приказује савладаност, ангажовање, задржавање ученика и квалитет препорука, у току спровођења експеримената препоручивања при учењу.

3. Initial hypotheses

The proposed research rests on the assumption that educational recommender systems can be modeled and evaluated through explicit learning outcomes. The main research hypothesis is formulated as follows:

H0. Effectiveness of an educational recommender system that is aware of achievement of planned learning outcomes, can be modeled and improved by representing intended learning outcomes, intended item-outcome mappings, and assessment evidence in the recommender data-structure model.

The main hypothesis is decomposed into the following specific hypotheses:

H1. Learner-item interaction logs and explicit item-outcome mappings can be combined to estimate learner mastery of educational outcomes.

H2. Outcome-derived empirical signals and expert pedagogical structure derived from the learning outcomes can be converted into training signals through recommender variants of the recommender system.

H3. Offline trajectory-aware metrics based on successful learner behaviour can be more useful than standard ranking metrics for selecting variants that perform well online on mastery-based outcomes.

H4. Outcome-aware metrics can be operationalized in a monitoring framework that jointly reports mastery, engagement, retention of learners, and recommendation quality during educational recommender experiments.



X5. Конверзациони интерфејси едукационих система за препоручивање могу бити оцењивани применом исте мерне основе засноване на исходима која се користи и за неконверзационе варијанте препоручивања.

H5. Conversational educational recommender interfaces can be evaluated through the same outcome-aware measurement backbone used for non-conversational recommender variants.



4. Научне методе истраживања

Истраживање предложено у овој дисертацији засновано је на комбинацији теоријских, развојних и емпијских метода.

Прва метода представља систематски преглед литературе. Применом протокола претраживања, критеријума укључивања и искључивања, прегледа и структуриране анализе утврђује се како постојећа истраживања едукационих система за препоручивање представљају мере и оптимизују исходе учења.

Друга метода обухвата концептуално моделовање и моделовање структура података. OBER шема структуре података повезује конструктивно усклађивање, образовање засновано на исходима и мерење оријентисано ка циљевима. Овим поступком идентификују се потребни ентитети, везе и претпоставке, неопходни за израчунавање степена савладаности на основу дневника интеракција.

Трећа метода обухвата развој софтверских и истраживачких артефаката: мапа исхода, поступака за израчунавање савладаности, варијанти обучавања система за препоручивање, поступака за обраду података, контролних табли и скрипти за потребне анализе.

Четврта метода обухвата издвојено оцењивање система за препоручивање. Варијанте колаборативног филтрирања биће поређене применом стандардних метрика рангирања, као што су Hit@10 и NDCG@10, као и метрика заснованих на путањама успешних ученика, као што је Success PathAlign.

Пета метода обухвата непосредно рандомизовано оцењивање и поређење персонализованих варијанти препоручивања

4. Research methods

The research proposed here is based on a combination of theoretical, development, and empirical methods.

The first method is systematic literature review. By the literature research protocol, inclusion and exclusion criteria, screening, and structured analysis criteria we determine how current research on educational recommender systems measures and optimizes learning outcomes.

The second method is a conceptual and data-structure modeling. The OBER data-structure schema is designed by combining constructive alignment, outcome-based education, and goal-oriented measurement. By such approach, we identify the main entities, relations, and assumptions required to compute mastery from interaction logs.

The third method is the development of software and research artefacts: outcome maps, mastery computation procedures, recommender training variants, dataset processing, dashboards, and reconstruction scripts.

The fourth method is an offline recommender evaluation. Collaborative-filtering variants are evaluated using conventional ranking metrics and outcome-aware metrics. Hit@10 and NDCG@10 are used as standard ranking baselines, while Success PathAlign is used as a trajectory-aware metric based on paths followed by successful learners.

The fifth method is direct randomized evaluation. Personalized recommender variants are compared on mastery-based

које су засноване на метрикама савладаности и бихевиоралним метрикама. Основно питање за валидацију је да ли је најбоља позадинска варијанта истовремено и најбоља непосредна варијанта у погледу метрика савладаности.

Шеста метода обухвата статистичку анализу и анализу осетљивости. Варијанте се пореде дескриптивно и применом одговарајућих статистичких тестова. Проверава се да ли закључци зависе од изабране дефиниције савладаности. Неопходна је примена и анализа осетљивости, јер степен савладаности може бити израчунаван коришћењем формула заснованих искључиво на верификацији, или шире путем формула које узимају у обзир усклађеност садржаја.

Седма метода представља пројектовање контролне табле и поступака рада. Општи критеријуми оцењивања и принципи управљања експериментима користе се за утврђивање како савладавање, посвећеност, задржавање ученика и квалитет препоручивања могу бити обједињено праћени.

Осма метода је оцењивање система заснованих на великим језичким моделима коришћених као подршка. Систем LLM Examiner биће оцењиван и провераван на основу генерисаних задатака. Планирана конверзациона фаза препоручивања спроводиће конверзацију реалних ученика, синтетичке граничне случајеве и оцењивање засновано на интеракцији човека и LLM-а које се односи на квалитет одлучивања, преусмеравања, додељивања и предаје задатака.

metrics and behavioural metrics. The central validation question is whether the offline winner also performs best under direct evaluation on mastery-based outcomes.

The sixth method is a statistical analysis and sensitivity analysis. Variants are compared descriptively, while appropriate statistical tests are used where applicable. The analysis checks whether conclusions depend on the chosen mastery definition. Sensitivity analysis is necessary because mastery can be computed using verify-only or broader aligned-item formulations.

The seventh method is a dashboard and workflow design. Overall Evaluation Criteria and controlled-experimentation principles are used to define how mastery, engagement, learner retention, and recommendation quality should be monitored together.

The eighth method is an evaluation of LLM-based systems that will be used in the research as a support. The LLM Examiner system will be evaluated and checked on the basis of generated assessment items. The planned conversational recommender phase uses real learner-support chats, synthetic edge cases, and human/LLM-assisted evaluation of decision, routing, attribution, and handover quality.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси предложене докторске дисертације груписани су у категорије теоријско-методолошких, развојно-техничких, емпиријско-апликативних и друштвених доприноса.

Очекивани теоријско-методолошки доприноси су:

- Формирање поступка обучавања и оцењивања ученика заснованог на системима за препоручивање који уважавају исходе учења.
- Синтеза конструктивног усклађивања и мерења оријентисаног ка циљевима у циљу обезбеђења одговарајућег приступа оцењивању едукационих система за препоручивање.
- Формирање шеме, односно модела структуре података под називом OBER, која омогућава повезивање ученика, садржаја, исхода, пресликавања садржаја на исходе и доказа о савладаности материје, која представља генеричку основу за израчунавање савладаности исхода од стране ученика на бази уобичајених дневника интеракције.
- Обезбеђење методе за израчунавање степена савладаности из уобичајених дневника интеракција када су садржаји за проверу пресликани на исходе учења.
- Обезбеђење поступка за формирање емпиријских и експертских сигнала за обучавање и оцењивање варијанти за препоручивање.
- Обезбеђење везе између позадинских метрика заснованих на путањама успешних ученика и непосредних метрика савладаности материје.

Очекивани развојно-технички доприноси су:

- Имплементација поступака за пресликавање садржаја у исходе, израчунавање степена савладаности материје

5. Expected scientific contribution

The expected contributions are be grouped into theoretical-methodological, development and technical, empirical-applicative, and social contributions.

The expected theoretical-methodological contributions are:

- Creating a procedure for training and evaluating learners through recommender systems that take learning outcomes into account.
- A synthesis of the constructive alignment and goal-oriented measurement to provide an appropriate approach to evaluating educational recommender systems.
- Creating a schema, i.e. a reusable outcome-aware data-structure model OBER that links learners, content, outcomes, mappings between content and outcomes, and evidence of mastery, while provides a generic basis for computing learner mastery from ordinary interaction logs.
- Creating a method for computing the degree of mastery from ordinary interaction logs when assessment content is mapped to learning outcomes.
- Creating a procedure for deriving empirical and expert signals for training and evaluating recommendation variants.
- Providing a connection between offline metrics based on successful learner trajectories and direct metrics of mastery.

The expected development and technical contributions are:

- Implementation of procedures for mapping content to outcomes, computing mastery,

и обучавање исходно оријентисаних варијанти за препоручивање. – Обезбеђење поступака за формирање скупова података, дељених мапа исхода и скрипти за спровођење анализа података, уз обезбеђење поступака којим едукационе платформе могу проверавати покривеност исхода, откривати недовољно покривене исходе и поредити различите варијанте препорука. – Обезбеђење оперативног окружења и прототипа контролне табле за праћење степена савладаности материје, примене, чувања и обезбеђење квалитета генерисаних препорука. – Имплементација поступка провере савладаности садржаја и достизања исхода применом аутоматизованог генерисања задатака. – Имплементација окружења за оцењивање применом конверзационе подршке ученицима, непосредних метрика и метрика исхода. – Развој конверзационе подршке за различите задатке у процесу учења, засноване на примени великих језичких модела. Очекивани емпиријско-апликативни доприноси су: – Примена предложеног методолошког приступа и имплементираних решења у изабраној студији случаја неформалног учења. Студија случаја заснована је на примени изабране апликације за неформално учење и употреби већ постојећих позадинских, историјских података из дневника интеракција. – Студија случаја омогућиће долазак до емпиријских закључака о повезаности стандардних метрика рангирања, позадинских метрика заснованих на путањама савладавања материје и метрика савладаности, ангажовања у учењу и задржавања ученика у процесу учења.	and training outcome-oriented recommender variants. – Procedures for forming datasets, shared outcome maps, and data-analysis scripts, together with procedures that educational platforms can use to check outcome coverage, identify insufficiently covered outcomes, and compare recommendation variants. – An operational framework and dashboard prototype for monitoring mastery, use, retention, and the quality of generated recommendations. – Implementation of a procedure for checking mastery and outcome achievement through automated generation of assessment tasks. – Implementation of an evaluation environment based on conversational learner support, direct metrics, and outcome metrics. – Development of conversational support for different tasks in the learning process, based on large language models. The expected empirical-applicative contributions are: – Application of the proposed methodological approach and implemented solutions in a selected case study of non-formal learning, using an informal-learning application and existing historical interaction-log data. – A case study will provide identification of empirical conclusions about the relationship between standard ranking metrics, offline metrics based on mastery trajectories, and metrics of mastery, learner engagement, and learner retention. – Creating application scenarios in which educators use the developed environment to make decisions about learning paths on
---	--

- Долазак до сценарија примена развијеног окружења од стране едукатора за доношење одлука о избору путања учења на основу претходно добијених доказа о постизању жељених исхода.
- Извођење закључака који се односе на претпоставке и ограничења за примену предложеног приступа и развијеног окружења у другим образовним доменима.

Очекивани друштвени доприноси су:

- Креирање концепцијских решења и препорука у системима учења који потенцијално доводе до флексибилнијих и ефективнијих начина савладавања градива и бољих постигнућа ученика, различитим доменима области формалног и неформалног образовања.
- Обезбеђење боље персонализације образовања, на начин да се подиже мотивација ученика за квалитетније савладавање градива и постизање вишег степена усвојености градива.

the basis of previously obtained evidence of outcome achievement.

- Deriving conclusions about the assumptions and limitations involved in applying the proposed approach and developed environment in other educational domains.

The expected social contributions are:

- Creating conceptual solutions and recommendations for learning systems that can lead to more flexible and effective ways of mastering material and to better learner achievement in different domains of formal and non-formal education.
- Providing a better personalization of education in a way that increases learners' motivation to master the material more effectively and achieve a higher degree of material acquisition.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања докторске дисертације приказан је у следећој табели:

ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА	ЗАДАТАК И ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТ	МЕТОДЕ И ТЕХНИКЕ
1	Анализа литературе и стања у области истраживања Анализа и систематизација литературе. Теоријско позиционирање истраживања. Анализа и оцена едукационих система за препоручивање. Повезивање истраживачког јаз са конструктивним усклађивањем, GQM и KAOS.	Систематски преглед литературе. Примена техника анализе, класификације, конструктивног усклађивања, GQM и KAOS.
2	Развој формалног модела и опште методе савладавања градива Развој формалног модела структуре података OBER, који улажува исходе учења. Формирање модела пресликавања садржаја на исходе учења. Формирање модела израчунавања степена савладаности градива.	Концептуално моделовање. Моделовање структура података и процеса. Експертско пресликавање. Анализа дневника интеракција.

6. Research plan and dissertation structure

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

RESEARCH PHASE	TASK AND EXPECTED RESULT	METHODS AND TECHNIQUES
1	Analysis of the literature and the state of the research area Analysis and systematization of the literature. Theoretical positioning of the research. Analysis and evaluation of educational recommender systems. Connecting the research gap with constructive alignment, GQM, and KAOS.	Systematic literature review. Application of techniques of analysis, classification, constructive alignment, GQM, and KAOS.
2	Development of the formal model and general method of mastering the material Development of the formal OBER data-structure model that takes learning outcomes into account. Creating a model for mapping content to learning outcomes. Creating a model for calculating the degree of mastery of the material.	Conceptual modeling. Modeling of data and process structures. Expert mapping. Analysis of interaction logs.

3	Развој позадинске и непосредне валидације	Развој сигнала за обучавање. Позадинско попређење варијанти препоручивања и њихова непосредна валидација. Обезбеђење подршке за развој скупа података.	Примена метода колаборативног филтрирања и филтрирања заснованог на знању. Статистичка анализа. Узорковање и пондерисање. Рандомизовани експеримент. Примена метода за оцену успешности учења.	3	Development of offline and online validation	Development of training signals. Offline comparison of recommendation variants and their online validation. Provision of support for dataset development.	Application of collaborative filtering and knowledge-based filtering methods. Statistical analysis. Sampling and weighting. Randomized experiment. Application of methods for evaluating learning success.
4	Развој оперативног софтверског окружења и контролне табле за обједињено праћење образовних и бихевиоралних метрика	Развој контролне табле и сценарија примене општих критеријума оцењивања у циљу подршке метрика за савладавање материје, ангажованости у процесу учења, задржавање у процесу учења и препоручивања. Праћење реализације и иницијалне употребе прототипа предложеног окружења.	Примена метода софтверског инжењерства. Пројектовање и развој предложеног система.	4	Development of an operational software environment and dashboard for unified monitoring of educational and behavioural metrics	Development of the dashboard and scenarios for applying general evaluation criteria in support of metrics for mastery of the material, engagement in the learning process, retention in the learning process, and recommendation. Monitoring of implementation and initial use of the proposed environment prototype.	Application of software-engineering methods. Design and development of the proposed system.
5	Развој конверзационог система за подршку ученицима и његово оцењивање	Развој и оцењивање конверзационе подршке за учење и препоручивање, засновано на употреби метрика које уважавају исход. Формирање конверзационог модула развијаног система за подршку учењу.	Анализа случајева. Планирање и избор алата, преузимање података, LLM-подржано оцењивање са анализом могућих исхода.	5	Development of a conversational system for learner support and its evaluation	Development and evaluation of conversational support for learning and recommendation, based on the use of outcome-aware metrics. Creating the conversational module of the developed learner-support system.	Case analysis. Planning and selection of tools, data retrieval, and LLM-supported evaluation with analysis of possible outcomes.

6	Аутоматизација процеса оцењивања	Интеграција и обучавање великог језичког модела и, конкретно, алата LLM Examiner, као начина за креирање исхода и садржаја за оцењивање. Формирање потпуне инфраструктуре за оцењивање.	Генерисање задатака великим језичким моделом. Формирање базе знања. Спровођење експертских провера и рецензија система.
7	Синтеза достигнутих резултата и креирање завршног елабората докторске дисертације	Интеграција постигнутих резултата. Дискусија и анализа достигнутих доприноса, ограничења, полазних претпоставки и претњи валидности. Реализован завршни елаборат докторске дисертације.	Синтеза, компаративна анализа, анализа претњи валидности, документовање и писање елабората као научног рада.

ФАЗА	МЕСЕЦ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	■	■										
2.		■	■	■	■							
3.			■	■	■	■	■					
4.					■	■	■	■	■			
5.						■	■	■	■	■		
6.					■	■						
7.							■	■	■	■	■	■

PHASE	MONTH											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	■	■										
2.		■	■	■								
3.			■	■	■	■	■					
4.					■	■	■	■				
5.						■	■	■	■	■		
6.					■	■	■					
7.							■	■	■	■	■	■

Оквирно, структуру докторске дисертације сачињаваће следећа поглавља и потпоглавља:

1. УВОД
 - 1.1. Мотивација и контекст истраживања
 - 1.2. Проблем и циљ истраживања, истраживачка питања и хипотезе
 - 1.3. Преглед предложеног приступа који уважава исходе учења
 - 1.4. Доприноси и структура дисертације
2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ
 - 2.1. Едукациони системи за препоручивање
 - 2.2. Учење засновано на исходима и конструктивно усклађивање
 - 2.3. Мерење оријентисано ка циљевима: GQM и KAOS
 - 2.4. Аналитика учења и оцењивање система препоручивања
3. СИСТЕМАТСКИ ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ ЗА ОЦЕЊИВАЊЕ ЕДУКАЦИОНИХ СИСТЕМА ЗА ПРЕПОРУЧИВАЊЕ
 - 3.1. Протокол систематског прегледа литературе
 - 3.2. Циљне метрике у едукационим системима за препоручивање
 - 3.3. Методе оцењивања у савладавању исхода учења
 - 3.4. Идентификација истраживачког јаза и његових импликација
4. OBER: ИНФРАСТРУКТУРА ЗА МЕРЕЊЕ ЗАСНОВАНА НА ИСХОДИМА
 - 4.1. Модел шеме ученик–садржај–исход
 - 4.2. Креирање и верификација структура пресликавања
 - 4.3. Израчунавање степена савладаности на основу дневника интеракција
 - 4.4. Мапа исхода апликације NamazApp и основне претпоставке

Tentatively, the structure of the doctoral dissertation will consist of the following chapters and subchapters:

1. INTRODUCTION
 - 1.1. Motivation and research context
 - 1.2. Research problem and objective, research questions and hypotheses
 - 1.3. Overview of the proposed approach that takes learning outcomes into account
 - 1.4. Contributions and dissertation structure
2. THEORETICAL FOUNDATIONS
 - 2.1. Educational recommender systems
 - 2.2. Outcome-based learning and constructive alignment
 - 2.3. Goal-oriented measurement: GQM and KAOS
 - 2.4. Learning analytics and evaluation of recommender systems
3. SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW FOR THE EVALUATION OF EDUCATIONAL RECOMMENDER SYSTEMS
 - 3.1. Systematic literature review protocol
 - 3.2. Target metrics in educational recommender systems
 - 3.3. Evaluation methods in mastering learning outcomes
 - 3.4. Identification of the research gap and its implications
4. OBER: OUTCOME-BASED MEASUREMENT INFRASTRUCTURE
 - 4.1. Learner-content-outcome schema model
 - 4.2. Creation and verification of mapping structures
 - 4.3. Calculation of the degree of mastery on the basis of interaction logs
 - 4.4. NamazApp outcome map and basic assumptions

5. ОБУЧАВАЊЕ ЗАСНОВАНО НА ИСХОДИМА, ПОЗАДИНСКА И НЕПОСРЕДНА ВАЛИДАЦИЈА 5.1. Извођење емпиријских и експертских сигнала за обучавање 5.2. Шест варијанти препоручивања 5.3. Протокол и метрике позадинског оцењивања 5.4. Студија непосредног рандомизованог оцењивања 5.5. Поређење резултата позадинског и непосредног оцењивања 6. ОПЕРАТИВНО ПРАЋЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНАТА ЗАСНОВАНИХ НА ИСХОДИМА 6.1. Општи критеријуми оцењивања засновани на исходима 6.2. Контролна табла и аналитички ток 6.3. Праћење савладаности, ангажовања ученика, задржавања и квалитета препорука 6.4. Процес извештавања о практичним експериментима 7. КОНВЕРЗАЦИОНИ ЕДУКАЦИОНИ СИСТЕМИ ЗА ПРЕПОРУЧИВАЊЕ 7.1. Проблем конверзационе подршке ученицима 7.2. Планер, алати, докази и заштитни механизми 7.3. Протокол оцењивања 7.4. Веза са метрикама заснованим на исходима 8. КРЕИРАЊЕ ИСХОДА И САДРЖАЈА ЗА ОЦЕЊИВАЊЕ 8.1. Потреба за експлицитним исходима и садржајима за проверу 8.2. Метода LLM Examiner 8.3. Резултати оцењивања 8.4. Улога садржаја у процесу заснованом на исходима	5. OUTCOME-BASED TRAINING AND OFFLINE AND ONLINE VALIDATION 5.1. Derivation of empirical and expert signals for training 5.2. Six recommendation variants 5.3. Offline evaluation protocol and metrics 5.4. Online randomized evaluation study 5.5. Comparison of offline and online evaluation results 6. OPERATIONAL MONITORING OF OUTCOME-BASED EXPERIMENTS 6.1. Outcome-based overall evaluation criteria 6.2. Dashboard and analytics flow 6.3. Monitoring mastery, learner engagement, retention, and recommendation quality 6.4. Process of reporting on practical experiments 7. CONVERSATIONAL EDUCATIONAL RECOMMENDER SYSTEMS 7.1. Problem of conversational learner support 7.2. Planner, tools, evidence, and safeguards 7.3. Evaluation protocol 7.4. Connection with outcome-based metrics 8. CREATING OUTCOMES AND ASSESSMENT CONTENT 8.1. Need for explicit outcomes and assessment content 8.2. LLM Examiner method 8.3. Evaluation results 8.4. Role of content in the outcome-based process
--	---

9. ДИСКУСИЈА	9. DISCUSSION
9.1. Значај моделовања структура података заснованог на исходима	9.1. Importance of modeling outcome-based data structures
9.2. Утицај резултата позадинског и непосредног оцењивања	9.2. Impact of offline and direct evaluation results
9.3. Практична ограничења и претпоставке преносивости решења	9.3. Practical limitations and assumptions for transferability of the solution
9.4. Претње валидности	9.4. Threats to validity
10. ЗАКЉУЧАК И БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА	10. CONCLUSION AND FUTURE RESEARCH
10.1. Преглед достигнутих доприноса	10.1. Overview of achieved contributions
10.2. Научне и практичне импликације достигнутих доприноса	10.2. Scientific and practical implications of the achieved contributions
10.3. Будућа истраживања заснована на богатијем оцењивању и применама у другим доменима	10.3. Future research based on richer assessment and applications in other domains
11. ЛИТЕРАТУРА	11. LITERATURE
11.1. Списак коришћене литературе	11.1. List of used literature

7. Закључак и предлог

На основу констатација датих у овом Извештају, Комисија констатује да кандидат Нурсултан Аскарбекули поседује неопходна знања из области информационих система и технологија, рачунарских наука, машинског учења и софтверског инжењерства за спровођење успешног истраживања на предложеној докторској дисертацији. Комисија сматра да кандидат Нурсултан Аскарбекули испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема истраживања ове докторске дисертације припада ужој научној области Информациони системи, мултидисциплинарна је и актуелна. Добијени резултати допринеће унапређењу едукационих система за препоручивање и стварању ширих могућности за њихову успешну примену у различитим образовним областима, како у домену формалног, тако и неформалног образовања.

На основу наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета организационих наука да прихвати предложену тему и одобри израду пријављене докторске дисертације.

Комисија предлаже измену наслова теме предложене докторске дисертације, у односу на наслов приступног рада, тако да гласи:

„A Data-Driven Method for Measuring, Evaluating, and Optimizing Learning Outcomes in Educational Recommender Systems“

у преводу на српски језик:

7. Conclusion and proposal

Based on the findings presented in this Report, the Committee states that candidate Nursultan Askarbekuly has the knowledge required in information systems and technologies, computer science, machine learning, and software engineering to conduct successful research on the proposed doctoral dissertation. The Committee also considers that candidate Nursultan Askarbekuly fulfills the requirements prescribed by the Law on Higher Education for approval of the preparation of a doctoral dissertation.

The proposed research topic belongs to the narrower scientific field of Information Systems, is multidisciplinary, and is current. The obtained results will contribute to the improvement of educational recommender systems and to broader possibilities for their successful application in different educational areas, both formal and non-formal.

On this basis, the Committee proposes that the Academic Council of the Faculty of Organizational Sciences accept the proposed topic and approve the preparation of the submitted doctoral dissertation.

The Committee proposes changing the title of the proposed doctoral dissertation topic in relation to the PhD proposal, so that it reads:

“A Data-Driven Method for Measuring, Evaluating, and Optimizing Learning Outcomes in Educational Recommender Systems”

translated into Serbian as:

„Метода за мерење, оцењивање и оптимизацију исхода учења у едукационим системима за препоручивање, заснована на подацима”. Комисија предлаже да се за ментора ове докторске дисертације именује др Иван Луковић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.	“Метода за мерење, оцењивање и оптимизацију исхода учења у едукационим системима за препоручивање, заснована на подацима”. The Committee proposes that Dr Ivan Luković, Full Professor at the Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, is to be nominated as a mentor of this doctoral dissertation.
---	--

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ / COMMITTEE MEMBERS

др Иван Луковић, редовни професор Универзитет у Београду - Факултет организационих наука	Dr Ivan Luković, Full Professor University of Belgrade - Faculty of Organizational Sciences
--	---

др Ненад Аничић, редовни професор Универзитет у Београду - Факултет организационих наука	Dr Nenad Aničić, Full Professor University of Belgrade - Faculty of Organizational Sciences
--	---

др Борис Делибашић, редовни професор Универзитет у Београду - Факултет организационих наука	Dr Boris Delibašić, Full Professor University of Belgrade - Faculty of Organizational Sciences
---	--

др Дражен Драшковић, ванр. професор Универзитет у Београду - Електротехнички факултет	Dr Dražen Drašković, Associate Professor University of Belgrade - School of Electrical Engineering
---	--

Београд, 22. 6. 2026.