

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Александра Стојковића

Одлуком ННВ бр. 65/8 од 08.04.2025 године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата мр Александра Стојковића, дипл. инж., за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Предвиђање индустријске производње применом модела машинског учења оптимизованих метахеуристикама“ (енг. "Industrial production forecasting using machine learning models optimized with metaheuristics").

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Александар Стојковић рођен је 14.6.1970. у Београду, од оца Слободана и мајке Зорке. Основну школу "Никола Тесла" у Раковици и средњу школу "Београдски батаљон" (13. београдску гимназију, математичко–технички смер) завршио је као носилац Вукове дипломе. Током похађања основне и средње школе освојио је неколико признања на такмичењима из математике на градском и републичком нивоу.

Основне студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је 1989. године, на смеру Рачунарска техника и информатика, а завршио 1994. године, са просечном оценом 8.93. Дипломирао је 13.12.1994. код ментора проф. др. Јована Ђорђевића са оценом 10, и стекао звање дипломираног инжењера електротехнике.

Постдипломске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је 1995. године, на смеру Архитектура и организација рачунарских система и мрежа. Положио је све испите предвиђене програмом постдипломских студија, са просечном оценом 9.83. Магистарску тезу под називом "Мрежно доступан систем за учење архитектуре и организације процесора са преклопљеним извршавањем инструкција" реализовао је код ментора проф. др. Јована Ђорђевића и одбранио 28.6.2005. пред комисијом у саставу: проф. др. Јован Ђорђевић, проф. др. Боривој Лазић и проф. др. Мило Томашевић. Током израде магистарског рада детаљно је дефинисана архитектура и организација едукативног pipeline процесора и направљен симулатор истог који је након тога коришћен у настави на ЕТФ.

Докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је 2023. године на модулу Рачунарска техника и информатика. Области истраживачког рада којима се бави су вештачка интелигенција и машинско учење.

Од 1995. године запослен је у Институту "Михајло Пупин" у Београду, радне јединице "Рачунарство" и "Рачунарске системи". Основне области којима се бави на радном месту су пројектовање, реализација и одржавање рачунарских LAN и WAN мрежа, безбедност рачунарских мрежа, VPN мреже, бежичне мреже, IP телефонски системи и сл. Носилац је разних индустријских сертификата реномираних светских компанија у наведеним областима, пре свега Cisco Certified Network Professional и неколико Cisco Certified Specialist сертификата, раније Cisco CCDA, Cisco Wireless LAN Design Specialist, Cisco IP Communications Express Specialist, Nortel Networks Certified Specialist for Routers, Novell CNE итд. Учествовао је у већем броју успешно реализованих пројеката из наведених области за разне државне и комерцијалне кориснике. Поседује одређена искуства у вези са развојем апликативног софтвера, базама података и web апликацијама.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Александар Стојковић магистрирао је 28.6.2005. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду одбранивши магистарску тезу под називом "Мрежно доступан систем за учење архитектуре и организације процесора са преклопљеним извршавањем инструкција", реализовану под менторством проф. др. Јована Ђорђевића. На магистарским студијама нарочито се бавио изучавањем pipeline процесора, а током израде магистарског рада детаљно је дефинисана архитектура и организација едукативног pipeline процесора. Такође је израђен симулатор дефинисаног едукативног процесора, који је након тога коришћен у настави на ЕТФ.

Докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је школске 2023/24. године на модулу Рачунарска техника и информатика. Током докторских академских студија показао је интересовање за области вештачке интелигенције и машинског учења, као и на коришћење метахеуристике за оптимизацију хиперпараметара модела машинског учења и друге примене.

Кандидат је испунио све обавезе предвиђене наставним планом и програмом докторских студија. Испити које је кандидат положио током магистарских студија признати су као испуњење дела обавеза на докторским академским студијама (шест испита = 54 ЕСПБ). Током докторских академских студија положио је још један испит (9 ЕСПБ) и обавио Студијски истраживачки рад I (24 ЕСПБ) и Студијски истраживачки рад II (24 ЕСПБ). Признати и положени испити приказани су у следећој табели.

Назив предмета	Шифра	Оцена	ЕСПБ
<i>Испити признати са магистарских студија:</i>			
Архитектуре за подршку софтверским системима	екв. 19Д111АПС	9	9
Локалне рачунарске мреже	екв. 19Д111ЛРМ	10	9
Одабрана поглавља из архитектуре рачунарских система	екв. 19Д111ОПА	10	9
Пројектовање рачунара у VLSI техници	екв. 19Д111ВЛС	10	9
Софтверски системи за рад у реалном времену	екв. 19Д111ССР	10	9
Улазно-излазни системи		10	9
<i>Испити положени током докторских академских студија:</i>			
Организација система дискова	19Д111ОСД	10	9

Током докторских академских студија на ЕТФ кандидат је објавио рад у истакнутом међународном часопису. Рад је из области машинског учења, са нагласком на оптимизацију хиперпараметара модела помоћу метахеуристика.

M22 – Рад у истакнутом међународном часопису:

- A. Stojkovic, B. Nikolic, N. Bacanin, M. Zivkovic, "Photovoltaic Farm Production Forecasting: Modified Metaheuristic Optimized Long Short-Term Memory Based Networks Approach", IEEE Access, Vol. 13, 2025, pp. 25198-25222, DOI 10.1109/ACCESS.2025.3537407, IF 3.4, ISSN 2169-3536

У наставку су наведени раније објављени радови из категорија M20-M60 на којима је кандидат аутор/коаутор.

M23 – Рад у међународном часопису:

- A. Stojkovic, J. Djordjevic, B. Nikolic, "WASP – A Web Based Simulator for an Educational Pipelined Processor", International Journal of Electrical Engineering Education, Vol. 44, No. 3, pp. 197-215, July 2007, DOI 10.7227/IJEEE.44.3.1

M45 – Поглавље у књизи M42:

- Јован Ђорђевић, "Архитектура и организација рачунара, Учење помоћу рачунара", монографија, Академска мисао, Београд, 2004., поглавља 3.3 и 4.3.3

M63 – Саопштење са скупа националог значаја штампано у целини:

- Александар Стојковић, Јован Ђорђевић, Бошко Николић, "Мрежно доступан систем за учење архитектуре и организације pipeline процесора", XLIX Конференција Друштва за ЕТРАН, Будва, 5.-10. јуна 2005. године
- Бошко Николић, Јован Ђорђевић, Александар Стојковић, Милијан Митровић, "Систем за учење архитектуре и организације рачунара на даљину", XLIX Конференција Друштва за ЕТРАН, Будва, 5.-10. јуна 2005. године

Кандидат је 15.4.2025. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду усмено бранио предложену тему докторске дисертације пред Комисијом у саставу:

- проф. др Милош Цветановић, доктор електротехничких наука, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- проф. др Зоран Шеварац, доктор организационих наука, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука
- проф. др Горан Квашчев, доктор електротехничких наука, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

На јавној усменој одбрани предложене теме, Комисија је кандидата оценила оценом **задовољно**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходно приказаних резултата досадашњег рада кандидата Александра Стојковића, узимајући у обзир то што је испунио све обавезе предвиђене наставним планом и програмом докторских студија, успешну одбрану теме докторске дисертације, као и до сада објављене научне радове, Комисија је утврдила да је кандидат показао да је стекао неопходно искуство за самосталан научно-истраживачки рад. Комисија је мишљења да је

кандидат способан да током израде докторске дисертације оствари резултате и доприносе који могу бити приказани и верификовани од стране међународне научне заједнице. Комисија сматра да кандидат Александар Стојковић испуњава све неопходне и формалне услове да приступи изради докторске дисертације на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

У савременом индустријском окружењу, предвиђање производних капацитета представља кључни изазов који може значајно утицати на оперативну ефикасност и профитабилност предузећа. У оквиру ове дисертације истражиће се могућност примене модела машинског учења у комбинацији са оптимизованим метахеуристичким приступима за унапређење тачности предикција индустријске производње. Анализираће се различите технике машинског учења, као што су регресиони модели, стабла одлучивања и неуронске мреже, и како се оне могу синергијски повезати са метахеуристикама, као што су генетски алгоритми и оптимизација ројевима честица, за оптимизацију хиперпараметара модела и избор функција. Очекује се да резултати експеримената покажу да комбинација ових приступа омогућава постизање значајно боље прецизности у предикцијама у поређењу са традиционалним методама. Овакво истраживање пружиће свеобухватан оквир за имплементацију напредних техника у предвиђању индустријске производње, с потенцијалом да унапреди стратегије доношења одлука у индустрији.

Скоро свака грана индустрије може имати користи од примењених модела. На пример, у тешкој индустрији могуће је вршити предвиђање одржавања и кварова (Smart Maintenance). У фабрикама са комплексним производним линијама (нпр. у металургији, хемијској индустрији, производњи цемента, електранама...), помоћу алгоритама машинског учења могу се анализирати сензорски подаци са опреме. Као унапређење процеса, модели оптимизовани метахеуристикама могу да помогну у предвиђању отказа, чиме се смањују трошкови ванредног одржавања и губици у производњи.

Велика могућност примене постоји и у фармацеутској индустрији у процесима оптимизације рада и производње. На основу историјских података и трендова болести могуће је вршити предвиђање потребне производње лекова и помоћних средстава. И у овом случају, модели оптимизовани метахеуристикама могу да помогну у проналажењу најбољих параметара за производњу активних супстанци, чиме се повећава ефикасност и смањује потрошња скупих сировина.

Као добар пример важности предвиђања производње могу послужити и фотонапонски системи и електране. Могућност прецизног и благовременог предвиђања производње електричне енергије у фотонапонским електранама постала је кључна за функционисање електроенергетске мреже у многим земљама, тако да системи паметне мреже и мрежни оператери могу проактивно балансирали производњу и потрошњу. Предвиђање производње веома је битно и за власнике фотонапонских електрана, јер у тржишним условима споменути проблеми директно утичу на репутацију произвођача у погледу поузданости и њихов потенцијал лицитирања на тржишту енергије. Главни проблем у вези са добијањем електричне из соларне енергије је променљивост генерисане количине енергије. Излазна снага фотонапонског система динамички се мења током времена због променљивости услова средине. Варијације улаза у мрежу изазивају озбиљне проблеме као што су флукуације напона и/или фреквенције.

Производња електричне из соларне енергије у великој мери зависи од соларне ирадијансе (озрачености), тј. количине енергије примљене од Сунца по јединици површине. Међутим, и други временски чиниоци као што је температура ваздуха такође имају одређени утицај. Ирадијанса зависи од атмосферских услова, пре свега облачности. Пошто фотоћелије производе једносмерну струју, фотонапонске електране садрже инверторе који претварају

једносмерну у наизменичну струју за јавну употребу. Лоше радно стање хелија (запрљаност, неправилан угао, дефекти, итд.) и/или инвертора може драстично смањити жељени излаз. Очигледно је да више чинилаца утиче на производњу електричне из соларне енергије и тиме компликује њено предвиђање.

Предмет овог истраживања је примена модела машинског учења за предвиђање индустријске производње, са посебним освртом на производњу електричне енергије у фотонапонским електранама. Технологије машинског учења показале су се ефикасним у решавању различитих сложених проблема на које утиче већи број чинилаца. Те технологије у стању су да постигну довољно добра решења за проблеме које је немогуће или непрактично представити и решити експлицитним, детерминистичким алгоритмима. Једна од типичних примена модела машинског учења су проблеми предвиђања, а то обухвата и посматрани проблем.

У оквиру рада ће бити истражене могућности за оптимизацију хиперпараметара коришћених модела машинског учења помоћу метахеуристика. Избор оптималних вредности хиперпараметара је од суштинске важности за квалитет решења добијених моделима машинског учења. С обзиром на већи број хиперпараметара, њихова оптимизација сматра се проблемом класе NP који није исплативо решавати детерминистичким методама. Метахеуристике су често инспирисане колективном интелигенцијом живих бића (тзв. интелигенцијом ројева, нпр. мрава, пчела и сл.) и другим процесима у природи. Метахеуристички алгоритми могу пронаћи решења која су оптимална или близу оптималних, уз разуман утрошак рачунарских ресурса и времена.

Главни циљ овог истраживања је реализација модела машинског учења за прецизну прогнозу индустријске производње, при чему ће хиперпараметри модела бити оптимизовани помоћу метахеуристичких алгоритама. За валидацију успешности предложеног модела искористиће се скупови података са различитим врстама производње. На пример, улаз у моделе ће бити подаци са фотонапонских електрана, и то метеоролошки подаци прикупљени одговарајућим сензорима, као и подаци о генерисаној електричној енергији.

Додатни циљ овог истраживања је модификација неког од постојећих метахеуристичких алгоритама у циљу постизања боље и ефикасније оптимизације. Осим те нове, модификоване верзије метахеуристике, користиће се и неколико постојећих метахеуристика, а резултати добијени применом свих тих алгоритама биће упоређени помоћу разних метрика. Још један додатни циљ је припрема новог скупа података са фотонапонске електране, који ће у самом истраживању бити коришћен упоредо са јавно доступним скупом или скуповима података.

Значај овог истраживања је у унапређењу метода прецизног прогнозирања индустријске производње. Развијене нове методе моћи ће да се примене у пракси за допринос побољшању стабилности електроенергетских мрежа, у сврху оптимизације производње фотонапонских електрана, планирања капацитета батеријских система и сл. Нова, побољшана метахеуристика може бити коришћена у другим сличним истраживањима, али и у свакој другој области у којој се могу применити методе машинског учења. Нови скуп података може бити коришћен за друга слична истраживања у вези са фотонапонским електранама.

Део литературе која ће бити коришћена приликом рада на дисертацији:

[1] M. N. Akhter, S. Mekhilef, H. Mokhlis, and N. M. Shah, "Review on forecasting of photovoltaic power generation based on machine learning and metaheuristic techniques," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 13, no. 7, pp. 1009–1023, May 2019.

[2] S. M. Miraftebadeh and M. Longo, "High-resolution PV power prediction model based on the deep learning and attention mechanism," *Sustain. Energy, Grids Netw.*, vol. 34, Jun. 2023, Art. no. 101025.

- [3] W.-C. Tsai, C.-S. Tu, C.-M. Hong, and W.-M. Lin, "A review of state-of-the-art and short-term forecasting models for solar PV power generation," *Energies*, vol. 16, no. 14, p. 5436, Jul. 2023.
- [4] S. S. Chandel, A. Gupta, R. Chandel, and S. Tajjour, "Review of deep learning techniques for power generation prediction of industrial solar photovoltaic plants," *Sol. Compass*, vol. 8, Dec. 2023, Art. no. 100061.
- [5] B. Zazoum, "Solar photovoltaic power prediction using different machine learning methods," *Energy Rep.*, vol. 8, pp. 19–25, Apr. 2022.
- [6] R. Ahmed, V. Sreeram, Y. Mishra, and M. D. Arif, "A review and evaluation of the state-of-the-art in PV solar power forecasting: Techniques and optimization," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 124, May 2020, Art. no. 109792.
- [7] B. Akay, D. Karaboga, and R. Akay, "A comprehensive survey on optimizing deep learning models by metaheuristics," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 55, no. 2, pp. 829–894, Feb. 2022.
- [8] N. Bacanin, C. Stoean, M. Zivkovic, M. Rakic, R. Strulak-Wójcikiewicz, and R. Stoean, "On the benefits of using metaheuristics in the hyperparameter tuning of deep learning models for energy load forecasting," *Energies*, vol. 16, no. 3, p. 1434, Feb. 2023.
- [9] A. Sherstinsky, "Fundamentals of recurrent neural network (RNN) and long short-term memory (LSTM) network," *Phys. D: Nonlinear Phenomena*, vol. 404, Mar. 2020, Art. no. 132306.
- [10] J. Kennedy and R. C. Eberhart, "Particle swarm optimization," in *Proc. Int. Conf. Neural Netw.*, vol. 4, Nov. 2002, pp. 1942–1948.
- [11] M. Dorigo, M. Birattari, and T. Stützle, "Ant colony optimization," *IEEE Comput. Intell. Mag.*, vol. 1, no. 4, pp. 28–39, Nov. 2006.
- [12] D. Karaboga and B. Basturk, "A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: Artificial bee colony (ABC) algorithm," *J. Global Optim.*, vol. 39, no. 3, pp. 459–471, Oct. 2007.
- [13] X. S. Yang and X. He, "Firefly algorithm: Recent advances and applications," *Int. J. Swarm Intell.*, vol. 1, no. 1, p. 36, 2013.
- [14] L. Abualigah, M. A. Elaziz, P. Sumari, Z. W. Geem, and A. H. Gandomi, "Reptile search algorithm (RSA): A nature-inspired meta-heuristic optimizer," *Expert Syst. Appl.*, vol. 191, Apr. 2022, Art. no. 116158.
- [15] D. Połap and M. Woźniak, "Red fox optimization algorithm," *Expert Syst. Appl.*, vol. 166, Mar. 2021, Art. no. 114107.

3. Полазне хипотезе

Предложено истраживање полази од следећих хипотеза:

- Могуће је прилагодити и унапредити постојеће имплементације модела машинског учења за проблеме прогнозирања индустријске производње.
- Перформансе постојећих модела машинског учења могу се побољшати избором оптималних хиперпараметара помоћу метахеуристичких алгоритама, тако да се остваре боље метрике и бржи рад.
- Модификацијом постојећих метахеуристичких алгоритама може се постићи бржа конвергенција и побољшати прецизност резултата.
- Метахеуристички алгоритми могу се имплементационо прилагодити решавању проблема оптимизације хиперпараметара модела машинског учења који се баве прогнозирањем производње електричне енергије у фотонапонским електранама.

4. Научне методе истраживања

У циљу разраде полазних хипотеза ради остваривања планираних циљева истраживања, биће примењене уобичајене методе научно-истраживачког рада: аналитичко–синтетичка метода, индуктивно–дедуктивна метода, емпиријска метода, компаративно–квантитативна анализа, статистичка анализа, моделирање и експерименталне методе.

Посматрани проблем и његова постојећа решења биће анализирани аналитичко–синтетичком методом. Релевантни радови из дате области објављени у научној и стручној литератури, као и путем електронских медија, биће обрађени аналитичком методом да би се утврдиле релевантне чињенице и поступци у вези са посматраним проблемом. Затим ће прикупљени подаци синтетичком методом бити обједињени у групе, при чему ће се препознати правила и извести закључци у вези са истраживаним појавама.

Индуктивна метода на основу појединачних случајева долази до општих закључака, тј. тврди да се чињенице које важе за истражене случајеве могу применити и на неистражене случајеве из истог скупа. Та метода представља основу за бројне научне и стручне радње, па и решавање проблема прогнозирања помоћу машинског учења. Дедуктивна метода усмерава истраживање од општег ка појединачном у циљу добијања адекватних закључака.

Емпиријска метода користи се приликом разматрања резултата, односно њиховог поређења са постојећим искуственим и теоријским сазнањима из посматране области.

Помоћу квантитативне анализе биће извршена процена добијених резултата. Резултати експеримената, тј. подаци добијени приликом извршавања алгоритама, биће евалуирани израчунавањем одговарајућих репрезентативних метрика. Израчунавање метрика уједно ће омогућити компаративну анализу, тј. поређење и рангирање коришћених метахеуристика, као и процењивање напретка оствареног предложеним решењима у смислу прецизности прогнозе, брзине конвергенције и сл.

Статистичка анализа веома је важна приликом припреме података, да би се издвојиле релевантне променљиве и препознале међузависности између њих, обрадиле вредности које недостају или у великој мери одступају од просека, проверила правилност расподеле података и сл. То је један од предуслова за квалитетну обуку модела за машинско учење. Статистичке методе такође се користе за процену значајности добијених резултата.

Моделирање представља конструисање математичких модела којима се описује посматрани проблем. Рачунарско представљање неуронских мрежа, које је једна од основа машинског учења, заснива се на математичком представљању скупова података, функција циља и других елемената посматраног проблема.

Експерименталне методе представљају извршавање различитих алгоритама и сакупљање њихових резултата, чиме се добијају подаци за даљу анализу неким од наведених метода.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ово истраживање доведе до следећих научних доприноса:

- Преглед и анализа постојећих модела машинског учења и јавно доступних скупова података за прогнозирање индустријске производње, а посебно у вези са производњом електричне енергије у фотонапонским електранама.
- Креирање новог скупа података на основу сирових података из индустријске производње, који може бити коришћен и у другим сличним истраживањима.

- Анализа постојећих метахеуристичких алгоритама који се користе за оптимизацију хиперпараметара модела машинског учења.
- Креирање новог, модификованог метахеуристичког алгорита за оптимизацију хиперпараметара модела машинског учења, који ће довести до бољих резултата и бољих перформанси у решавању посматраног проблема. Нови алгоритам може бити коришћен и у другим областима у којима се користи машинско учење.
- Унапређење решавања посматраног проблема помоћу модела машинског учења, уз оптимизацију хиперпараметара помоћу разних постојећих и новог метахеуристичког алгорита и компаративну анализу резултата различитих алгоритама.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће се састојати од следећих корака:

- Најпре ће бити анализирана индустријска производња, са посебним освртом на производњу електричне енергије у фотонапонским електранама, и нагласком на чиниоце од којих зависи количина произведене електричне енергије.
- Затим ће бити анализирани јавно доступни скупови података и модели машинског учења који се користе за решавање посматраног проблема, као и други приступи решавању тог проблема. Биће дата класификација и сагледане предности и недостаци разних приступа решавању посматраног проблема.
- Биће извршено креирање новог скупа података на основу сирових података из индустријске производње.
- Затим ће над изабраним јавно доступним скупом података, као и над новокреираним скупом података, бити спроведена детаљна истраживачка анализа података: провера нормалности расподеле, обрада недостајућих и одступајућих вредности, анализа корелација и мултиколинearности између променљивих, и сл.
- Такође ће бити анализирани метахеуристички алгоритми који се користе за оптимизацију хиперпараметара модела машинског учења, са циљем да се препознају могућности за унапређења тих алгоритама. Након тога ће бити предложена нова, модификована верзија неког од алгоритама.
- Затим ће бити имплементиран модел машинског учења, тако да се оптимизација његових хиперпараметара врши помоћу неколико постојећих метахеуристичких, као и помоћу нове, модификоване метахеуристичке. Након тога биће извршени експерименти са свим доступним комбинацијама коришћених метахеуристичких и скупова података.
- На крају ће бити извршена евалуација резултата наведених експеримената, уз поређење разних релевантних метрика. На тај начин ће се утврдити у коликој мери и у којим ситуацијама предложено решење доводи до побољшања у односу на постојећа.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације и стеченог целокупног утиска о теми докторске дисертације и досадашњег научног рада кандидата Александра Стојковића, магистра електротехнике, Комисија је дошла до следећих закључака:

1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске потребне услове прописане Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом

Електротехничког факултета Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације.

2. Предложена тема „Предвиђање индустријске производње применом модела машинског учења оптимизованих метахеуристикама“ јесте научно заснована, а резултати који ће проистећи из израде ове докторске дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос међународној научној заједници. Тема припада ужој научној области Софтверско инжењерство.

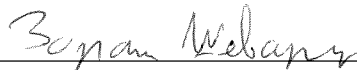
На основу свега претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Александру Стојковићу одобри израду докторске тезе под насловом „Предвиђање индустријске производње применом модела машинског учења оптимизованих метахеуристикама“ (енг. "Industrial production forecasting using machine learning models optimized with metaheuristics"), а под менторством др Бошка Николића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

15.4.2025.

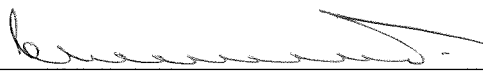
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Милош Цветановић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Шеварац, редовни професор
Универзитет у Београду – Факултет
организационих наука



др Горан Квашчев, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет