

УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ  
Департман за последипломске студије  
Данијелова 32, Београд

4-7/126  
20-01. 2026

## ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

Одлуком Већа Департмана за последипломске студије број: 4 – 14/2025. од 5.2.2025. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Јелене Чађеновић, под називом: **“Унапређење прецизности предвиђања стопе незапослености применом модела рекурентних неуронских мрежа оптимизованих метахеуристикама”** о чему подносимо следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Основни подаци о кандидату и докторској дисертацији

Кандидат Јелена Чађеновић рођена је 17.06.1984. године у Коњевићима, БиХ, одрасла и школовала се у Крагујевцу где је завршила основну и средњу школу са одличним успехом. Основне академске студије завршила је на Природно математичком факултету у Крагујевцу, одсек хемија, након чега уписује и завршава мастер студије на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу на смеру Индустријско инжењерство и менаџмент са просеком 9,6 при чему брани мастер рад на тему **“Омладинско предузетништво”** са оценом 10. На докторским академским студијама на Универзитету Сингидунум, студијски програм *Инжењерски системи у менаџменту*, положила је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10. Од 2010. године запослена је у фирми Spin company d.o.o. у Крагујевцу. Од позиције бренд менаџера 2010. даљом едукацијом, улагањем у знање, усавршавањем, стицањем различитих вештина кроз искуство и учење у пракси али и разне семинаре, 2023. године ступа на место директора компаније и доспева на листу 50 најуспешнијих привредника града Крагујевца. Научно-истраживачким радом бави се од самог уписа мастер студија где се подстакнута тадашњим менторима. Аутор је и коаутор десетине научних радова, саопштења на скуповима, националних и међународних конференција.

## Објављени научни радови:

### *Радови у часописима*

1. L. Babic, L. Jovanovic, J. Cadjenovic, M. Mohamed Elsayed, M. Hammad, M. Zivkovic, V. Simic, N. Bacanin, A multivariate methodology combining recurrent neural networks with the modified variable neighborhood search algorithm for unemployment forecasting, *Applied Soft Computing*, No. 114143, Nov, 2025
2. Petrovic, N. Bacanin, L. Jovanovic, J. Cadjenovic, J. Kaljevic, M. Zivkovic, M. Antonijevic, Computer-Vision Unmanned Aerial Vehicle Detection System Using YOLOv8 Architectures, *International Journal of Robotics and Automation Technology*, Vol. 11, pp. 1 - 12, May, 2024
3. Čadenović Milovanović, J. M., & Vlajković, V. (2013). Lekovita svojstva oraħa. *PONS - medicinski časopis*, 10(1), 33-34
4. Čadenović Milovanović, J., & Angelovski, M. (2012). Poslovni inkubatori kao šansa razvoja ženskog preduzetništva. *Kvalitet i izvrsnost*, 1(7-8), 78-81.

### *Радови на конференцијама*

1. N. Bacanin, L. Jovanovic, I. Uzelac Bujisic, C. Stoean, J. Kaljevic, J. Cadjenovic, M. Antonijevic, M. Zivkovic, Modified Metaheuristics Optimization for Cyberbullying Detection on Online Data Science Platform, 2024 26th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), IEEE, Timisoara, Romania, pp. 292 - 298, Sep, 2024
2. L. Babic, R. Stoean, J. Cadjenovic, L. Jovanovic, M. Zivkovic, N. Bacanin, The NLP for Employee Review Sentiment Analysis: An Explainable Perspective, 2024 26th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), IEEE, Timisoara, Romania, pp. 285 - 291, Sep, 2024
3. V. Markovic, J. Cadjenovic Milovanovic, A. Jokic, L. Jovanovic, M. Zivkovic, N. Bacanin, Exploring Power Line Arc Detection Using YOLOv8 Computer Vision Models, 2024 Second International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoICI), IEEE, pp. 903 - 907, Aug, 2024
4. Angelovski M., Čadenović Milovanović J., Kvalitet procesa proizvodnje demineralizovane vode, Festival kvaliteta 2012., 39. Nacionalna konferencija o

kvalitetu, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac, 2012, juni, , ISBN 978-86-86663-83-2

5. Čadenović Milovanović J., Angelovski M., CRM In Distribution Centers, 6<sup>th</sup> International Quality Conference, QUALITY FESTIVAL 2012, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, June 2012 07-09, pp 913 ISBN 978-86-86663-82-5
6. Čadenović Milovanović J., Angelovski M., Some of the ideas how to improve youth entrepreneurship in Serbia, 7<sup>th</sup> International Quality Conference, QUALITY FESTIVAL 2013, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia, May 24<sup>th</sup> 2013, ISBN 978-86-86663-94-8
7. Čadenović Milovanović J., Green office future of new age, 7<sup>th</sup> International Quality Conference, QUALITY FESTIVAL 2013, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia, May 24<sup>th</sup> 2013, ISBN 978-86-86663-94-8
8. Čadenović Milovanović J., Knowledge-Indispensable Resource of Modern Company, 7<sup>th</sup> International Quality Conference, QUALITY FESTIVAL 2013, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia, May 24<sup>th</sup> 2013, ISBN 978-86-86663-94-8
9. Čadenović Milovanović J., From CRM&KM to Customer Knowledge Management, 7<sup>th</sup> International Quality Conference, QUALITY FESTIVAL 2013, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia, May 24<sup>th</sup> 2013, ISBN 978-86-86663-94-8

### ***Поглавља у монографијама***

1. V. Thomas, M. Zivkovic, L. Jovanovic, M. Antonijevic, J. Perisic, N. Bacanin, J. Cadjenovic, Predictive Modeling of Customer Churn: A Comparative Analysis of Ensemble Learning Techniques, Chapter in LNNS Lecture Notes in Networks and Systems: ADCIS 2024: Advances in Data-driven Computing and Intelligent Systems, Springer, volume 1304, LNNS Lecture Notes in Networks and Systems: ADCIS 2024: Proceedings of International Conference on Advances in Data-driven Computing and Intelligent Systems, volume 1304, pp. 299 - 314, Springer, Singapore, Goa, India, Jul, 2025
2. L. Jovanovic, M. Protic, N. Bacanin, M. Mravik, M. Zivkovic, M. Antonijevic, J. Cadjenovic Milovanovic, Optimizing XGBoost for Blockchain Malicious Node

Detection by Metaheuristics, Chapter in CCIS Communications in Computer and Information Science: icSoftComp 2024: International Conference on Soft Computing and its Engineering Applications, Springer, volume 2430, CCIS Communications in Computer and Information Science: icSoftComp 2024: Soft Computing and its Engineering Applications, volume 2430, pp. 30 - 43, Springer, Cham, Bangkok, Thailand, May, 2025

Докторска дисертација кандидаткиње Јелене Чађеновић је урађена на укупно 113 страна, од чега 10 страна чини списак литературе. Списак литературе обухвата 131 референцу које чине научни радови, зборници радова, књиге и извори са Интернета. Уз основни текст дисертација садржи и 19 слика, 10 табела, као и 7 псеудо-кода алгоритама.

Докторска дисертација кандидаткиње Јелене Чађеновић је била подвргнута провери софтвером за установљивање преклапања/плагијаризма (iThenticate Plagiarism Detection Software). *Укупан процентуални износ запажених преклапања износи 9% дисертације.*

## 2. Предмет и циљ истраживања

Пошто можемо рећи да већи број фактора утиче на незапосленост као и да проблем предвиђања незапослености свеукупно представља мултиваријнтни проблем предвиђања временских серија, тако се кроз овај рад примењују мултиваријантне временске серије алгоритама за предвиђање, који користе историјске податке као и бројне економске индикаторе за предвиђање незапослености у будућности.

Како би се побољшала тачност предвиђања, уведен је модификовани метахеуристички алгоритам, који се фокусира на оптимизацију хиперпараметара како би побољшао перформансе основног модела. Овај нови приступ има за циљ да реши изазове које поставља нелинеарна и динамична природа података о незапослености. Ефикасност предложених метода оцењена је кроз симулације које су спроведене користећи јавно доступне стварне податке из угледних институција.

Унапређивањем модела предвиђања, овај рад доприноси поузданијим прогнозама незапослености, подржавајући бољу политику и доношење одлука у економском планирању. Предмет теоријског дела истраживачког рада се своди на примену метода вишекритеријумске анализе постојећих модела и техника које се користе у решавању наведеног проблема, како би се одабрао адекватан почетни модел који ће касније послужити као основ за дефинисање хипотеза и његово даље унапређење.

Практични део истраживања је усмерен ка опису конкретних корака унапређења прецизности предикције незапослености као главног проблема. Акценат је стављен на развој и имплементацију унапређеног модела који комбинује архитектуру неуронских мрежа и дугорочно-краткорочне меморије (*eng. Long Short-Term Memory, LSTM*) са метахеуристичком оптимизацијом заснованом на алгоритму ројева честица (*eng. Particle Swarm Optimization, PSO*). У складу са наведеним циљом, ова студија даје одговоре на претходно дефинисана истраживачка питања на следећи начин:

свеобухватни преглед модела и алгоритама предвиђања незапослености те и њихова корелација а који су расположиви у литератури;

- унапређење модела рекурентних неуронских мрежа за мултиваријантно предвиђање временских серија незапослености
- оптимизација модела рекурентних неуронских мрежа (*LSTM, GRU* итд) применом метахеуристичких метода оптимизације;
- детаљна компаративна анализа основних и унапређених модела рекурентних неуронских мрежа применом метахеуристичких са истицањем предности и недостатака сваке методе;
- интерпретација резултата развијених модела најбољих перформанси и генерисање значајаних информација за стручњаке из домена економије тржишта рада и предузетништва (оснаживање samozапослења) са циљем умањења стопе незапослености.

### 3. Хипотетички оквир истраживања

Ово истраживање се базира и усредсређује на проверу и потврђивање следећих хипотеза:

#### Главна хипотеза

Применом до сада недовољно коришћених модела рекурентних неуронских мрежа за мулти варијантно предвиђање стопе незапослености, могуће је генерисати боља решења у смислу брзине конвергенције и квалитета решења (у контексту бољих метрика, MSE, MAE, RMSE, R2), чиме ће се унапредити резултати које су друге методе оптимизације постигле за исту инстанцу проблема.

#### Посебне хипотезе:

- Х1 Могуће је адаптирати и оптимизовати постојеће имплементације модела рекурентних неуронских мрежа за мултиваријантно предвиђање временских серија предвиђања стопе незапослености.
- Х2 Могуће је адаптирати постојеће имплементације метахеуристичких које до сада нису примењиване у овом домену, за оптимизацију модела рекурентних неуронских мрежа за предвиђање временских серија.
- Х3 Могуће је унапредити постојеће имплементације метахеуристичких ројева, које су раније већ биле примењене у овом домену, за оптимизацију модела рекурентних неуронских мрежа за предвиђање временских серија

- Х4Применом адаптираних модела рекурентних неуронских мрежа и оптимизацијом истих добијени резултати истраживања биће коришћени од стране доносиоца одлука и креатора политика у сврху умањења стопе незапослености и изналагања правовремених решења.

#### 4. Методологија истраживања

У циљу успешне реализација решавање проблема кластеровања текстуалних документа и верификација постављених хипотеза, у овом пројекту су коришћени различити методи истраживања. Анализом постојеће доступне научне литературе се указује на оправданост предложеног модела за кластеровање текстуалних докумената. Методом моделовања је развијен нови предложени модел који је прво тестиран на неограниченим тест функцијама, а затим на уобичајеним стандардним скуповима текстуалних података. Статистичким методама су потврђена значајна побољшања методе и компаративним методом се упоређује предложени модел са постојећим моделима из литературе.

#### 5. Садржај дисертације

**Прво поглавље (Увод)** - У уводном делу докторске дисертације укратко ће бити изложен проблем везан за незапосленост, значај тачних прогноза, односно добијених резултата за економију, те описани изазови у вези са дугорочним и краткорочним предвиђањима временских серија, које овај рад има за циљ да надомести..

**Друго поглавље** - Друго поглавље ће дати детаљан преглед и анализу доступне литературе и научних истраживања рађених у оквиру области предикције незапослености..

**Треће поглавље** - Треће поглавље ће представити основне моделе дубоког учења, са посебним акцентом на рекурентне неуронске мреже (eng.Recuurent Neural Networks, RNN) и њихове подтипове, као што су LSTM, (eng.LSTM) и GRU (eng. Gated Ruccurent Unit). Биће детаљно разматране математичке основе ових модела, њихова примена у предвиђању временских серија и прилагођавање за специфичне изазове предвиђања незапослености. Такође, биће истражен значај подешавања хиперпараметара у оптимизацији ових модела

**Четврто поглавље** - У четвртом поглављу биће приказана таксономија оптимизационих алгоритама. У овом поглављу биће разматрана примена оптимизације ројем честица (eng Particle Swarm Optimization,PSO) у контексту унапређења перформанси рекурентних неуронских мрежа за предвиђање незапослености. Детаљно ће бити представљени поступци интеграције PSO са RNN моделима, као и како ова комбинација омогућава ефикасније учење и предвиђање. Такође, биће дискутоване предности и изазови овог приступа у односу на стандардне методе оптимизације.

**Пето поглавље** - У петом поглављу, детаљније ће бити описане и анализиране метахеуристике интелигенције ројева у циљу предвиђања незапослености. Биће

приказани конкретни експерименти са сетовима података о незапослености, методологија обраде података, као и имплементација RNN модела са PSO за оптимизацију хиперпараметара. Биће анализирани резултати имплементације и поређени са традиционалним методама.

**Шесто поглавље** - У оквиру шестог, експерименталног, поглавља биће приказана евалуација развијених модела коришћењем различитих метрика перформанси, као што су тачност предвиђања, грешке у предвиђању, и стабилност модела. Биће размотрен утицај оптимизације ројем честица на побољшање тачности модела у поређењу са основним рекурентним мрежама без оптимизације. Такође, биће представљени графикони и визуализације који илуструју добијене резултате.

**Закључак** - На крају је закључак који резимира само истраживање и добијене резултате.

## **6. Постигнути резултати и научни допринос дисертације**

- **Унапређење области предикције временских серија:** Овим истраживањем се иде корак напред ка побољшању и већој иновативности на пољу предвиђања временских серија, поготову када говоримо о незапослености. Овиме се решавају многи изазови и проблеми који могу настати приликом експериментисања у овим областима, а који су недовољно добро проучавани у доступној литератури.
- **Развој нових комбинованих метода:** Ово истраживање комбинује две напредне и врло популарне области – неуронске мреже и метахеуристичку оптимизацију, чиме се значајно популаризује приступ решавању одређених проблема имплементацијом хибридних модела који могу бити примењени на широком дијапазону релевантних података, у циљу добијања што бољих коначних резултата.
- **Боље разумевање оптимизације оваквих модела:** Иако је ово врло популарна област, и даље постоји ограничен број научних радова који систематски примењују метахеуристике у решавању различитих оптимizacionих проблема, а поготову када је реч о предикцији временских серија, која је сама по себи врло комплексна област. На основу овога се може закључити да је и сам потенцијал примене оваквих модела у решавању овог проблема недовољно истраживан. Стога, овај рад има за циљ да помогне у бољем разумевању коришћених техника и додатно охрабри њихову примену конкретно у решавању проблема незапослености.

Резултати ове докторске дисертације су објављени у престижном светском часопису категоризације M21a. Квалитет рада као и постигнути резултати су верификовани са стране еминентних експерта из домена.

Cadjenovic Milovanovic, Jelena, Lepa Babic, Dejan Jovanovic, Miodrag Zivkovic, Luka Jovanovic, Milos Antonijevic, Mahmoud Abdel-Salam, and Nebojsa Bacanin. "Unemployment Multivariate Forecasting: An Approach Combining Long Short-Term Memory Network and Modified Particle Swarm Optimization Algorithm." Computational Economics Vol: 48 No1, 2026

#### 7. Мишљење и предлог Комисије о докторској дисертацији

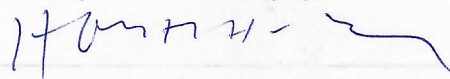
На основу свега изложеног Комисија је мишљења да докторска дисертација кандидаткиње Јелене Чађеновић по својој теми, приетуну, структури и садржају рада, квалитету и начину излагања, методологији истраживања, начину коришћења литературе, релевантности и квалитету спроведеног истраживања и донетим закључцима задовољава критеријуме захтеване за докторску дисертацију, те се може прихватити као подобра за јавну одбрану.

Савладавајући укупну оцену докторске дисертације кандидаткиње Јелене Чађеновић, под називом **“Унапређење прецизности предвиђања стопе незапослености применом модела рекурентних неуронских мрежа оптимизованих метахеуристикама”** предлажемо Велу департамента за последипломске студије и Сенату Универзитета Сингидунум да прихвати напред наведену докторску дисертацију и одобри њену јавну одбрану.

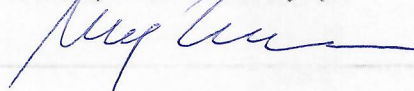
Београд, 16.01.2026.

Чланови комисије:

Проф. др Небојна Бацанин-Цакула  
Универзитет Сингидунум



Проф. др Мiodраг Живковић  
Универзитет Сингидунум



Проф. др Бошко Николић  
Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

