

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Иване Халфпап, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком бр. 2232/40 од 09.12.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Иване Халфпап за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Технике превазилажења катастрофалног заборављања при обучавању дубоких неуралних мрежа“ (енг. *Techniques to mitigate catastrophic forgetting during training of deep neural networks*)

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Ивана (рођ. Вујановић) Халфпап рођена је 17. октобра 1992. године у Београду. Основну школу „Филип Филиповић“ и Трећу београдску гимназију, завршила је као носилац Вукове дипломе.

Електротехнички факултет у Београду уписала је школске 2011/2012. године. Дипломирала је на одсеку за Сигнале и системе у септембру 2015. године са просечном оценом 9.74. Дипломски рад на тему „Процесирање слике у циљу препознавања лица“ одбранила је са оценом 10.

Школске 2015/2016. године уписала је дипломске академске - мастер студије на Електротехничком факултету на одсеку Сигнали и системи. Мастер студије завршила је 2016. године са просечном оценом 10.00. Мастер рад на тему „Комбиновани метод праћења циља обрадом дигиталне слике“ одбранила је са оценом 10.

Докторске студије на модулу за Управљањем системима и обрадом сигнала уписала је школске 2016/2017. године. Положила је све испите са просечном оценом 9.90. Област њеног истраживања обухвата процесирање слика, дубоке неуралне мреже, обраду слика путем дубоких мрежа, проблем катастрофалног заборављања приликом обучавања дубоких неуралних мрежа као и развој нових алгоритама у тој области. Резултат ових истраживања су до сада објављена четири рада на међународним конференцијама и часописима.

Добитник је бројних награда и стипендија, међу којима се истичу: стипендије града Београда за најуспешније средњошколце и студенте, „Доситеја“ стипендија за најбоље студенте

основних и мастер студија, републичке стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја које је добијала током средњошколског, основног и мастер образовања, као и ДААД и „др Зоран Ђинђић“ стипендије. Током лета 2016. године, као добитница ДААД стипендије, боравила је у Немачкој, на језичком усавршавању, док је 2017. године, као стипендисткиња фондације „др Зоран Ђинђић“, обављала стручну праксу у компанији *Infineon*, у Савезној Републици Немачкој, где је радила на развоју нових алгоритама за аутономна возила.

Током студирања била је ангажована као студент демонстратор на шест предмета на Електротехничком факултету, на катедри за Рачунарску технику и информатику. У школској 2018/2019 била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја на Електротехничком факултету, на пројекту под евиденционим бројем ТР 32038 и називом „Повећање енергетске ефикасности и расположивости у системима за производњу и пренос електричне енергије развојем нових метода за дијагностику и рану детекцију отказа“. Тренутно је запослена у компанији *BMW*, у Минхену, Савезна Република Немачка, где руководи софтверским пројектима у одељењу за електрична возила.

Течно говори енглески и немачки, а служи се француским и шпанским језиком.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Ивана Халфпап је положила следеће испите на докторским студијама:

Р.БР.	Шифра	Назив предмета	Оцена	ЕПСБ	Датум
1	13Д051ОПД	Одабране примене дигиталне обраде слике	10	9	22.09.2018.
2	13Д09ЕЈ	Енглески језик	10	6	28.08.2018.
3	13Д051СМА	Сложени мулти-агент системи	10	9	23.08.2018.
4	13Д051ОАС	Оптимални и адаптивни стохастички системи	10	9	29.08.2018.
5	13Д051НМ	Неуралне мреже	10	9	30.08.2018.
6	13Д051АВО	Аутоматско вођење објеката у простору	10	9	15.06.2017.
7	13Д051КЕС	Класификација и естимација сигнала	10	9	20.06.2017.
8	13Д051ППЦ	Праћење покретних циљева	10	9	23.06.2017.
9	13Д051ТОП	Технике обраде и препознавања говорног сигнала	9	9	23.06.2017.
10	13Д111ОРБ	Објектне и релационе базе података	10	9	23.06.2017.
		Назив обавезе			
1		Студијски истраживачки рад I		15	05.09.2017.
2		Научно стручни рад		3	14.09.2018.
3		Студијски истраживачки рад II		15	28.09.2018.
		Укупно остварено:		120	

Досадашњи научноистраживачки рад је резултовао једним радом у међународном часопису са СЦИ листе и три рада презентована на међународним конференцијама и то:

Радови у међународним часописима са *impact* фактором:

1. **Ivana Halfpap**, Željko Đurović, „Addressing Catastrophic Forgetting in Neural Networks: A Review and Comparative Analysis of Algorithms for Crack Detection“, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol 84. No. 10, 2025, pp. 1095-1106, ISSN 0975-1084 (**M22**, **IF₂₀₂₄=0.8**)

Радови на међународним конференцијама:

1. **Ivana Halfpap**, Željko Đurović, „Overcoming Catastrophic Forgetting in Neural Network During Continuous Learning: A Selective Layer Freezing Approach for Crack Detection“, 11th IcETRAN Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, Nis, Serbia, 2024, ISBN 978-86-6200-031-6, doi: 10.1109/IcETRAN62308.2024.10645158 (M33)
2. **Ivana Halfpap**, Željko Đurović, „Comparative analysis of pretrained deep neural networks for anomalies detection“, 10th IcETRAN Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2023, ISBN 979-8-3503-0712-2, doi: 10.1109/IcETRAN59631.2023.10192245 (M33)
3. **Ivana Vujanović**, Abdalgalil Alsagair Abdulla, Stevica Graovac, "An Image Processing Based Motion Tracker/Estimator for Traffic Control Purposes", 4th IcETRAN Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, Kladovo, Serbia, 2017, pp. AU11.2.1-5, 2017, ISBN 978-86-7466-692-0 (M33)

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

Ивана Халфпап је имала статус мировања у школској 2023/2024 и школској 2024/2025. години.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Дана 30. децембра 2025. године кандидаткиња Ивана Халфпап је на Електротехничком факултет Универзитета у Београду усмено полагала испит о подобности теме докторске дисертације пред комисијом у саставу:

- Др Горан Квашчев, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
- Др Бошко Николић, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
- Др Зоран Перић, редовни професор, Електронски факултет, Универзитет у Нишу

На јавној усменој одбрани предложене теме Комисија је кандидаткињу оценила оценом задовољно.

На основу резултата испита за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, положених испита на свим нивоима студија као и до сада објављених научних радова у часописима и на конференцијама, Комисија сматра да је кандидатања подобна за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације је проблем катастрофалног заборављања при обучавању дубоких неуралних мрежа. Катастрофално заборављање представља губитак раније стеченог знања који настаје када неурална мрежа током учења на новим задацима брзо заборави претходно научено, што је један од кључних изазова континуираног учења и његове примене у реалном окружењу. Ово истраживање обухвата систематску анализу постојећих алгоритама и метода за смањење катастрофалног заборављања. Поред теоријске анализе, предмет истраживања укључује и практичну имплементацију различитих изабраних

алгоритама и механизма за смањење заборављања, како би се евалуација извршила кроз релевантне метрике. Експериментални део овог рада реализује се кроз класификациони проблем, кроз који се анализирају, испитују и упоређују различите методе и алгоритми. Компаративном анализом резултата утврђује се простор за унапређење, са циљем постизања што бољег очувања претходног знања уз задржавање високих перформанси на новим примерима.

Циљ истраживања је да се на основу претходно спроведене анализе предложи и развије нов, унапређени алгоритам за решавање проблема катастрофалног заборављања при тренирању дубоке неуралне мреже. Истраживање се фокусира на комбинацију редукције броја параметара неуралне мреже и интеграцију меморијских модула у мрежу. Ово има за циљ да се истовремено смањи заборављено знање, редукује меморија и побољша способност мреже да учи нове податке. Развој и експериментални рад биће реализовани у Матлаб окружењу уз пажљиву евалуацију перформанси и стабилности алгоритама.

Значај истраживања у оквиру предложене докторске дисертације огледа се у развоју алгоритамских техника које омогућавају смањење катастрофалног заборављања у дубоким неуралним мрежама и унапређењу њихове примене у реалним временским сценаријима. Дубоке неуралне мреже данас налазе широку примену – од обраде природног језика, преко медицине и биоинформатике, па све до аутономних возила и финансијских система. Посебно су важне у индустријској производњи, где се користе за детекцију аномалија, за праћење квалитета производа и превентивно одржавање машина. Решавање овог проблема има велики практични значај јер омогућава развој система који могу континуирано да уче, прилагођавају се новим условима и задржавају већ стечена знања. Значај овог приступа је нарочито изражен у динамичним индустријским окружењима, где се подаци и задаци стално мењају, па је потребно имати моделе који могу да се ажурирају без поновног тренирања. Истраживање ће допринети бољем разумевању механизма катастрофалног заборављања, идентификовати кључне факторе који утичу на меморијске капацитете мрежа и предложити нове иновативне приступе који би довели до свеобухватног побољшања перформанси. Очекује се да ће интеграција различитих меморијских модула у дубоку неуралну мрежу резултовати системом који је способан је да током времена учи веома успешно нове податке без губитка претходних информација. Резултати ће бити евалуирани кроз више метрика, укључујући тачност, степен заборављања, меморијски капацитет и брзину извршавања, чиме се обезбеђује свеобухватна процена новог алгоритма.

3. Полазне хипотезе

- *Интеграција меморијских модула у дубоку неуралну мрежу довести ће до значајног смањења ефекта катастрофалног заборављања приликом учења нових задатака* – Очекивано је да ће меморијски модули пружити структурну подршку за задржавање критичних информација током континуираног учења. Ово истраживање ће допринети и бољем разумевању улоге меморијских модула у континуираном учењу и њиховом утицају на заборављање.
- *Комбинација редукције броја параметара и додатних меморијских механизма омогућиће ефикасније коришћење меморијских капацитета* – Ова стратегија се очекује да омогући ефикасније коришћење ресурса мреже. Смањење броја параметара има потенцијал да ослободи меморијски простор који може бити искоришћен за интеграцију меморијских модула.
- *Предложени алгоритам омогућава успешно усвајање нових података уз мањи губитак знања на претходним задацима у односу на постојеће методе континуираног учења* – Предвиђа се да нови предложени алгоритам буде способан да значајно задржи претходно научено знање док усваја нове задатке у односу на постојеће методе.

- *Перформансе предложеног алгоритма остају стабилне при расту броја задатака или сложености података* – Очекује се да ће предложено решење бити лако применљиво у различитим окружењима, ван иницијалног скупа података, уз боље перформансе у односу на постојеће методе. Алгоритам би требало да одржава конзистентну способност задржавања претходног знања и учења нових информација, обезбеђујући генерализацију на нове задатке и податке. Овај алгоритам може послужити као полазна тачка за развој сличних метода које генерално решавају проблем катастрофалног заборављања и прилагођавају се различитим нивоима комплексности података.
- *Предложени алгоритам остварује бржу и стабилнију одлуку у динамичким окружењима у поређењу са постојећим методама* – Намера је да предложени буде применљив у реалном времену, прилагођен захтевима динамичког окружења и система који раде у условима сталне промене улазних информација.

Најрелеватније референце из отворене литературе у вези са темом су:

- [1] R. Kemker, M. McClure, A. Abitino, T. Hayes, C. Kanan, "Measuring catastrophic forgetting in neural network", AAAI Conference on Artificial Intelligence, Vol. 32, Issue 1, 2017, pp. 3390-3398
- [2] D. Maltoni, V. Lomonaco, „Continuous learning in single-incremental-task scenarios“, Neural Networks, Vol. 116, August 2019, pp. 56-73
- [3] Z. Li, D. Hoiem, "Learning without forgetting", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 40, Issue 12, December 2018, pp. 2935-2947
- [4] X. Liu, H. Wang, Y. Tian, L. Xie, "Overcoming Catastrophic forgetting with classifier expander", Asian Conference on Machine Learning, 15, 2024, pp. 803-817
- [5] G. Parisi, R. Kemker, J. Part, C. Kanan, S. Wermter, "Continual lifelong learning with neural networks: A Review", Neural Networks, Vol. 113, May 2019, pp. 54-71
- [6] R. Aljundi, F. Babiloni, M. Elhoseiny, M. Rohrbach, T. Tuytelaars, „Memory aware synapses: Learning what (not) to forget“, Computer Vision ECCV European Conference, 15, 2018, Munich, Germany, pp. 144-161
- [7] F. Zenke, B. Poole, S. Ganguli, "Continual learning through synaptic intelligence", International Conference on Machine Learning, 34 (70), August 2017, pp. 3987-3995
- [8] T. Hayes, K. Kafle, R. Shrestha, M. Acharya, C. Kanan, "REMIND Your neural network to prevent catastrophic forgetting", Computer Vision ECCV European Conference, Vol. 16, August 2020, pp. 466-484
- [9] R. Ratcliff, "Connectionist Models of recognition memory: Constraints imposed by learning and forgetting functions", Psychological Review, 97 (2), 1990, pp 285-308
- [10] K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun, "Deep residual learning for image recognition", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2016
- [11] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, A. Rabinovich, "Going deeper with convolution", Computer Vision and Pattern Recognition Conference, September 2015
- [12] D. Pezze, E. Anello, C. Masiero, G. Susto, "Continual learning approaches for anomaly detection", September 2024, arxiv: 2212.11192v2
- [13] X. Li, W. Ren, W. Qin, L. Wang, T. Zhao, R. Hong, "Analyzing and reducing catastrophic forgetting in parameter efficient tuning", International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP, April 2025, pp.1-5
- [14] D. Isle, A. Cosgun, "Selective experience replay for lifelong learning", AAAI Conference on Artificial Intelligence, February 2018, pp. 3302-3309
- [15] Y. Liu, B. Schiele, Q. Sun, "Adaptive aggregation networks for class-incremental learning", Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2021

- [16] S. Hung, C. Tu, C. Wu, C. Chen, Y. Chan, C. Chen, „Compacting, picking and growing for forgetting continual learning”, International Conference on Neural Information Processing Systems, Vol. 33, Article Num. 1225, December 2019, pp. 13677-13687
- [17] S. Gheisari, S. Shariflou, P. Kennedy, A. Agar, M. Kalloniatis, M. Golzan, “A combined convolutional and recurrent neural network for enhanced glaucoma detection”, Scientific Reports, Vol. 11, 2021, pp. 1–11
- [18] S. Sarwar, A. Ankit, K. Roy, “Incremental learning in deep convolutional neural networks using partial network sharing”, IEEE Access, December 2017
- [19] A. Baral, V. Singh, A. Lath, “Evaluating the performance of Resnet50 and GoogleNet for damage detection and classification”, International Conference on Sustainable Expert Systems, Vol. 4, October 2024, pp. 1721-1726

4. Научне методе истраживања

Истраживање ће бити спроведено коришћењем интегрисаног приступа који комбинује теоријску анализу, експерименталну имплементацију и компаративну евалуацију алгоритама континуираног учења. На самом почетку извршиће се систематска и детаљна ревизија постојеће литературе дубоких неуралних мрежа, са посебним освртом на алгоритме за смањење катастрофалног заборављања у дубоким неуралним мрежама. Алгоритми катастрофалног заборављања ће бити категорисани према својим основним принципима и приступима, као што су регуларизација, меморијски модули и хибридне методе ради идентификације њихових предности, ограничења и могућности примене у различитим контекстима.

Изабрани постојећи модели и алгоритми, након тога, биће имплементирани у Матлаб окружењу, уз пажљиву конфигурацију параметара. Спровешће се серија експеримената како би се тестирала ефикасност алгоритама у смањењу заборављања, побољшању тачности, предвиђања и оптимизацији меморијског капацитета. Перформансе ће бити оцењиване кроз више метрика, укључујући тачност, степен заборављања, меморијски капацитет, брзину учења и стабилност при повећању комплексности задатака. Сви резултати биће детаљно анализирани како би се обезбедила објективна процена ефективности и скалабилности предложених решења.

На основу увида добијених кроз теоријску анализу и експерименталне резултате биће утврђен простор за развој новог алгоритма. Нови алгоритам ће бити подвргнут систематској евалуацији, укључујући поређење са постојећим методама, како би се провериле његове перформансе, адаптивност и могућност примене у различитим окружењима. Очекује се да ће предложени приступ омогућити боље разумевање механизма смањења катастрофалног заборављања и пружити основу за даље унапређење алгоритама дубоких неуралних мрежа у континуираном учењу.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани допринос овог истраживања укључују:

1. Систематичан преглед и критичку анализу постојећих алгоритама дубоких неуралних мрежа као и алгоритама за смањење катастрофалног заборављања у дубоким неуралним мрежама
2. Допринос теоријском разумевању механизма катастрофалног заборављања и развој практичних решења која могу бити применљива у различитим динамичним окружењима

3. Постављање експерименталних оквира и развој тестова који могу послужити као референтни модел за даља истраживања континуираног учења дубоких неуралних мрежа
4. Идентификацију потенцијала за даљи развој хибридног решења постојећег проблема
5. Идентификацију и тестирање ефективних стратегија интеграције меморијских модула и редукције параметара ради побољшања перформанси мреже и смањењу заборављања
6. Развој новог алгоритма за континуирано учење који значајно смањује катастрофално заборављање у дубоким неуралним мрежама
7. Детаљну евалуацију предложеног алгоритма кроз више метрика и на различитим скуповима података, што омогућава свеобухватну процену његове применљивости

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру ове докторске дисертације обухвата следеће фазе:

1. Ревизија постојеће литературе о дубоким неуралним мрежама
 - Анализираће се различите дубоке мреже и извршити компаративна процена њихових перформанси
2. Преглед литературе о катастрофалном заборављању
 - Извршиће се детаљан преглед постојећих алгоритама за континуирано учење и смањење заборављања
 - Алгоритми ће бити категорисани према својим принципима и приступима, како би се створила јасна структура и контекст за даље испитивање
3. Имплементација и компаративна анализа постојећих алгоритама
 - Из сваке категорије биће изабрани релеватни алгоритми за решење класификационог проблема за практичну имплементацију
 - Извршиће се компаративна анализа, која ће идентификовати предности и слабости сваког алгоритма
 - Резултати ове анализе ће представљати основу за дизајн новог алгоритма
4. Развој и тестирање новог алгоритма
 - На основу добијених резултата компаративне анализе, биће предложен и развијен нови алгоритам за смањење катастрофалног заборављања
 - Имплементација новог алгоритма ће бити праћена експерименталном темељном евалуацијом
5. Поређење новог алгоритма са постојећим решењима
 - Извршиће се упоређивање новог алгоритма са имплементираним постојећим алгоритмима
 - На основу добијених резултата упоређивања, биће формулисани закључци о ефективности, предностима и ограничењима предложеног решења

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације и стеченог целокупног утиска о теми докторске дисертације и досадашњег научног рада кандидаткиње Иване Халфпап, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија је дошла до следећих закључака:

1. Кандидаткиња испуњава све формалне и суштинске потребне услове прописане Законом о високом образовању, Статуом Универзитета у Београду и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације
2. Предложена тема "Технике превазилажења катастрофалног заборављања при обучавању дубоких неуралних мрежа" (односно на енглеском *Techniques to mitigate catastrophic forgetting during training of deep neural networks*) јесте научно заснована, а

результати који ће проистећи из израде ове докторске дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос. Тема припада ужој научној области Управљање системима и обрада сигнала.

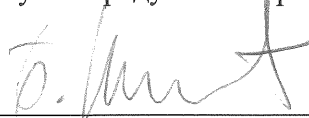
На основу свега претходног изложеног, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидаткињи Ивани Халфпап одобри израду докторске дисертације под насловом "Технике превазилажења катастрофалног заборављања при обучавању дубоких неуралних мрежа" (енг. *Techniques to mitigate catastrophic forgetting during training of deep neural networks*) под менторством др Жељка Ђуровића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 15.1.2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



др Бошко Николић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Перић, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет