

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Дејана Павловића**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације **„Праћење сточне производње применом напредних алгоритама машинског учења”** (на енглеском **„Monitoring livestock farming using advanced machine learning algorithms”**)

Одлуком бр. 5009/18-01 од 26.10.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Дејана Павловића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Праћење сточне производње применом напредних алгоритама машинског учења”** (на енглеском **„Monitoring livestock farming using advanced machine learning algorithms”**)

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Дејан Павловић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, рођен је 01.12.1994. године у Врбасу. Завршио је основну школу "Петро Кузмјак" у Руском Крстуру као носилац Вукове дипломе, да би потом уписао Електротехничку школу "Михајло Пупин" у Новом Саду, коју је завршио са одличним успехом. Факултет техниких наука у Новом Саду, на модулу Биомедицинско инжењерство, уписао је 2013. године и дипломирао 2017. године са просечном оценом 9.53. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу за Биомедицинско и еколошко инжењерство, уписао је у октобру 2017. године и положио све испите са просечном оценом 9.60. Мастер студије завршио је 2018. године и исте године уписао докторске студије на модулу Управљање системима и обрада сигнала, Електротехничког факултета у Београду. Испунио је све дефинисане обавезе и положио је све испите на докторским студијама, уз просечну оцену 9.60.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске академске студије на изборном подручју Електротехника и рачунарство на ЕТФ-у уписао 2018/2019. школске године. Од тренутка уписа до тренутка подношења Захтева за одобрење докторске дисертације положио је све испите (са просечном оценом 9,60) и обавио све обавезе предвиђене докторским академским студијама на изборном подручју Електротехника и рачунарство. Списак положених испита и обављених обавеза је дат у следећој табели:

бр.	Назив испита / обавезе	Оцена	ЕСПБ	Датум
1	Дигитална обрада сигнала	10	9	20.09.2020.
2	Мултирезолуциона обрада сигнала	10	9	18.09.2020.
3	Методе и инструментација за електрофизиологију	10	9	19.09.2020.
4	Технике обраде и препознавања говорног сигнала	7	9	27.08.2020.
5	Класификација и естимација сигнала	10	9	02.07.2020.
6	Енглески језик	10	6	07.07.2020.
7	Неуровизуелизационе методе	10	9	17.09.2019.
8	Неуралне мреже	10	9	20.09.2019.
9	Стохастички модели	9	9	20.09.2019.
10	Вештачка интелигенција и експертски системи	10	9	01.07.2019.
11	Студијски истраживачки рад II		15	30.09.2020.
12	Научно стручни рад		3	30.09.2020.
13	Студијски истраживачки рад I		15	30.09.2019.

Од 2018. године Дејан Павловић је запослен на БиоСенс институту, Универзитета у Новом Саду, као истраживач-приправник у Центру за информационе технологије. Његово примарно интересовање обухвата обраду сигнала и примену машинског учења у области прецизне пољопривреде. Учествоје у реализацији неколико националних и интернационалних пројеката укључујући *Horizon2020* и *Erasmus+* пројекте - *Antares*, *Dragon* и *AgTech7*. Поред тога, током докторских студија, кандидат је активно посвећивао пажњу додатном усавршавању. У периоду од 2018. до 2020. године, као део академских активности *WIDESPREAD-05-2017 – TWINNING HORIZON2020* пројекта под називом *Data Driven Precision Agriculture Services and Skill Acquisition*, кандидат је у три наврата посетио Универзитет Стратклајд у Глазгову, Велика Британија, где је заједно са истраживачком групом Центра за интелигентне динамичке комуникације радио на истраживањима везаним за примену вештачке интелигенције у области прецизне пољопривреде. Кандидат је такође у току 2019. године учествовао на тренинг школи поменутог пројекта, организоване у Новом Саду, са темом Наука о подацима за потребе пољопривреде и сигурности хране. Такође, заједно са својим тимом, кандидат је 2020. године био учесник Такмичења за најбољу технолошку иновацију Србије организованог од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Србије, Привредне коморе Србије и Радио телевизије Србије, са иновацијом у области примене вештачке интелигенције у оквиру прецизне пољопривреде и био добитник специјалне награде „проф. др Мирослав Деспотовић“.

Дејан Павловић је аутор/коаутор више истраживачких радова у часописима и на конференцијама међународног значаја. Током 2021. године кандидат је као први аутор објавио рад под називом “*Classification of Cattle Behaviours Using Neck-Mounted Accelerometer-Equipped Collars and Convolutional Neural Networks*” у врхунском

међународном часопису штампаног у изводу М21. Поред тога, кандидат је аутор и коаутор 3 рада саопштена на скуповима међународног значаја штампаних у изводу М34.

У наставку је списак радова који показују резултате досадашњег рада и афинитета који су у складу са предложеном дисертацијом кандидата Дејана Павловића.

СПИСАК ОДАБРАНИХ РАДОВА КАНДИДАТА

Рад у врхунском међународном часопису - М21

[1] **Pavlovic, D.**, Davison, C., Hamilton, A., Marko, O., Atkinson, R., Michie, C., Crnojevic, V., Andonovic, I., Bellekens X., & Tachtatzis, C. (2021). Classification of cattle behaviours using neck-mounted accelerometer-equipped collars and convolutional neural networks. *Sensors*, 21(12), 4050. <https://doi.org/10.3390/s21124050>

Journal impact factor '21: 3.576

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу - М34

[2] **Pavlovic, D.**, Tachtatzis, C., Hamilton, A., Marko, O., Atkinson, R., Davison, C., Michie, C., Crnojevic, V., & Andonovic, I. (2020, December). Classification of cattle behaviour using convolutional neural networks. In *European Federation of Animal Science (EAAP) Annual Meeting*.

[3] Marko, O., **Pavlović, D.**, Crnojević, V., & Deb, K. (2019, July). Optimisation of crop configuration using NSGA-III with categorical genetic operators. In *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion* (pp. 223-224).

[4] Marko, O., **Pavlović, D.**, Crnojević, V., & Deb, K. (2019, July). Decision-Support System for Optimisation of Crop Configuration based on Artificial Intelligence. In *Proceedings of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment*.

Дана 09.11.2021. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације (докторски испит) пред Комисијом у саставу: др Жељко Ђуровић, редовни професор са Електротехничког факултета; др Драган Денић, редовни професор са Електронског Факултета Универзитета у Нишу; др Бошко Николић, редовни професор са Електротехничког факултета. Оцена Комисије је да је кандидат Дејан Павловић задовољио све критеријуме и одбранио предложену тему докторске дисертације.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Приликом писања овог Извештаја, Комисија је размотрила све претходно наведене чињенице и резултате у досадашњем раду Дејана Павловића. Са посебном пажњом су размотрена искуства у истраживачком раду и узимајући све наведено, Комисија је стекла увид у његову способност за научно истраживачки рад и рад на предложеној теми докторске дисертације, која је, такође, препозната и вреднована и од стране научне заједнице.

2. Предмет и циљ истраживања

Модерне технологије постају све заступљеније у свакодневном животу и активно трансформишу наше друштво, а један од најупечатљивијих утицаја на друштво тренутно има вештачка интелигенција. Она се обично дефинише као “способност дигиталног рачунара или рачунарски контролисаног робота да извршава задатке који су обично повезани са интелигентним бићима” [1] или као “проучавање интелигентних агената, односно уређаја који опажају своје окружење и на основу тога предузимају радње које максимизују шансе за успешно постизање својих циљева” [2]. Заједничко за ове и многе друге дефиниције јесте да систем прима улазне податке и на основу њих доноси одређене одлуке. Вештачка интелигенција је израз који је смислио Џон Мекарти средином 1950-их [3] и означава тежњу да се осмисли систем који у датом окружењу изражава понашање које се обично сматра интелигентним [4]. Иако се вештачка интелигенција и машинско учење понекад користе наизменично, разлика међу овим појмовима може се уочити на основу дефиниције коју је 1959. године дао Артур Самуел [5], а која говори да машинско учење представља средство за постизање вештачке интелигенције методом индукције [6]. Машинско учење је једно од најбрже растућих поља науке које је трансформисало телекомуникације, аутомобилску индустрију, рекламну индустрију, интернет претраживаче и многе друге области. Његов пун потенцијал до сада није искоришћен у биосистемима, нарочито у пољопривреди, и тек треба да трансформише истраживања и апликације у овој области. Развојем технологије данас је могуће генерисати огромне количине информација које могу бити корисне за оптимално доношење одлука. Без обзира да ли дате информације потичу од читавања са сензора, уређаја за генерисање слике или писаних извештаја, по правилу, оне се у систем најчешће доводе у облику у којем је сваки узорак дефинисан помоћу улазног скупа параметара, који се обично називају обележја, и излазних категорија. Технике машинског учења се даље користе за проналажење скривених релација унутар података, те имају за циљ проналазак односа између вредности улазних обележја и излазне категорије и дефинисање правила за доношење одлука. Такви случајеви, где постоји унапред дефинисан скуп опција за излазни скуп података, спадају у категорију класификације.

Ова теза ће се фокусирати на примену различитих алгоритама машинског учења у циљу детекције (класификације) активности код крава користећи различите изворе података. Све већа потреба за аутоматизацијом процеса праћења активности животиња на фармама, у циљу оптимизације плодности стада и побољшања добробити животиња, изазвала је огроман раст у коришћењу сензора за дате сврхе. У последњих 40 година присутан је тренд опадања броја сточних фарми као последица економских притисака на мале произвођаче. У Великој Британији је 1995. године постојало више од 35.000 фарми, док је 2019. године тај број био знатно мањи, односно испод 12.000. Налик томе, укупан број крава широм Велике Британије се знатно смањио са преко 3.2 милиона 1980. на испод 1.9 милиона 2019. године. С друге стране, напуштање индустрије од стране малих газдинстава резултовало је повећањем просечне величине стада, те је тако просечан број крава на једној фарми 1999. године био 75, док је тај број 2018. године износио 148 [7]. Као последица тога, време које је потребно фармерима за надгледање стада се знатно повећало и примена напредних технологија постала је неизбежна. Све већи опсег комерцијално доступних уређаја и система омогућио је фармерима побољшани надзор и оптимизацију производње њихових фарми [8,9]. Наиме,

повећање у производњи, поред напретка у генетици, осигурано је усвајањем технологија прецизне пољопривреде, на шта указује чињеница да је 2008. године укупно произведено 13,3 милијарди литара млека, док је 2020. године тај број износио 14,9 милијарди [7]. Поред тога, увођењем паметних технологија омогућена је рана детекција болести, као и оптималног периода за оплодњу, што је додатно повећало профитабилност данашњих фарми [10-12]. Уређаји попут паметних огрлица, поводаца, педометара, видео камера и других уређаја за индивидуално и групно надгледање животиња данас су веома присутни на фармама и представљају кључни фактор за оптимално доношење одлука о најприкладнијим мерама управљања једне фарме [12-14].

У оквиру дисертације такође ће се сагледати и анализирати примена поменутих метода машинског учења на различитим модалитетима сигнала. Анализе ће бити извршене на сигнаlima добијених помоћу акцелерометра интегрисаног у крављу огрлицу и информација добијених са видео камера инсталираних на фармама. Различити сигнали дају разноврснији спектар информација на основу којег је омогућена детекција различитих активности. Сигнали с акцелерометра дају временске серије на основу чијих облика је могуће детектовати активности попут преживања или храњења на индивидуалном нивоу, док подаци добијени са видео камера омогућују надгледање веће групе животиња, њихове физичке и социјалне интеракције, чему је посвећено мало пажње у литератури. Једна од најинформативнијих активности за добробит и плодност код крава представља преживање, током којег крава жваће већ једном прежвакану храну ради лакшег варења и боље апсорпције храњивих материја [12,15,16]. Време проведено у датом активности представља кључни показатељ здравља, јер краве које су болесне или на неки начин повређене, једу мање, и сходно томе, мање преживају. Поред тога, откривање оптималног периода за осемењавање је од суштинске важности јер тачна идентификација датог периода побољшава стопу плодности стада и заузврат повећава производњу млека. Дата појава је праћена падом времена преживања које животиња проведе у нормалном стању. Изгубљени приход по једној крави, од погрешно детектованих периода за осемењавање, у просеку износи око £120 на годишњем нивоу [17]. Резултати ове докторске дисертације демонстрираће примену различитих модела машинског учења као средства за непрекидно посматрање и класификовање низа активности, обављајући временски захтевне задатке који се традиционално извршавају визуелним путем од стране фармера или ветеринара.

Велики напредак у области развоја софтвера, који прати и развој хардвера, довео је до могућности широке употребе комплекснијих алгоритама машинског учења, па и дубоких неуронских мрежа, где су дати алгоритми показали одличне резултате у решавању проблема класификације [18-22]. Конкретно, у области пољопривреде, примена конволуционих неуронских мрежа постаје све шира, што је омогућено развојем великог броја различитих врста сензора на основу којих се добијају огромне количине прикупљених података. Ипак, иако методе дубоког учења попут поменутих конволуционих неуронских мрежа често постижу веома високе перформансе, генерисани модели захтевају значајне меморијске и рачунарске ресурсе [23-27]. У великом броју случајева то представља значајну препреку за имплементацију модела на јефтине микроконтролере мале снаге типичне за комерцијалне уређаје коришћене за надгледање активности животиња на фармама. Такође, сензорски системи на фарми најчешће се напајају путем батерије и апликације са високом потрошњом

енергије ограничавају животни век уређаја чинећи дата решења непрактичним. С тога, у оквиру овог истраживачког рада посебна пажња ће бити посвећена редукацији модела машинског учења изведена уз минималне губитке у перформансама детекције активности како би се одговорило на изазове практичне имплементације на архитектуре микроконтролера. На тај начин дефинисаће се компромис између перформанси модела и потребних меморијских и рачунарских ресурса. Поред тога, за обуку дубоких неуронских мрежа потребна је и велика количина података, а најчешће и огромни људски ресурси у креирању референтних база података. Претходно обучени модели представљају алтернативан приступ у случају недостатка информација, међутим, они захтевају прилагођавање датог скупа података, а често је доступна величина базе за дообучавање мреже недовољна за постизање очекиваних резултата. Из тог разлога, у оквиру дисертације, анализираће се и перформансе конвенционалних метода машинског учења на датим класификационим проблемима, поред чега ће бити дато детаљно поређење предности и недостатака конвенционалних метода и метода базираних на дубоким неуронским мрежама. За разлику од дубоких неуронских мрежа, које омогућују аутоматско издвајање корисних информација из генерисаних података са сензора, конвенционалне методе захтевају екстракцију обележја која повећавају дискриминацију између различитих класа. Извлачење обележја често представља дуготрајан и веома сложен процес који је веома често праћен додатним корацима попут трансформације и селекције, те ће се један део истраживања детаљно бавити поменутим проблемима.

Један од главних циљева ове дисертације је да се превазиђе јаз између академских и индустријских решења у овој области, односно да се проблематици приђе са обе стране, те да се на тај начин пружи детаљна теоријска база корисна за широк спектар стручњака, а да притом предложена решења буду практична и потпуно примењива у реалном окружењу. Циљ је да се кроз јасну и прецизну формулацију и уређени приказ тематике, теоријски уоквире предложена решења и да се кроз мултидисциплинаран приступ детаљно размотре све предности, недостаци и опште карактеристике датих решења.

Листа референци на које се позива претходни текст:

- [1] Copeland, B.J. "artificial intelligence". Encyclopedia Britannica, 11 Aug. 2020, [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>. Accessed 5 August 2021.
- [2] Artificial intelligence. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence
- [3] R. McLeod and G. P. Schell, Management information systems. Pearson/Prentice Hall USA, 2007.
- [4] D. L. Poole, A. K. Mackworth, and R. Goebel, Computational intelligence: a logical approach. Oxford University Press New York, 1998, vol. 1.
- [5] A. L. Samuel, "Some studies in machine learning using the game of checkers", IBM Journal of research and development, vol. 3, no. 3, pp. 210{229, 1959.
- [6] R. S. Michalski, J. G. Carbonell, and T. M. Mitchell, Machine learning: An artificial intelligence approach. Springer Science & Business Media, 2013.
- [7] AHDB Dairy. AHDB Dairy statistics, 2020.

- [8] Michie, C.; Andonovic, I.; Gilroy, M.; Ross, D.; Duthie, C.A.; Nicol, L. Oestrus Detection in Free Roaming Beef Cattle. European Conference on Precision Livestock Farming—EC-PLF 2013, Posters, Lueven, Belgium, 2013.
- [9] Fricke, P.M.; Carvalho, P.D.; Giordano, J.O.; Valenza, A.; Lopes, G.; Amundson, M.C. Expression and detection of estrus in dairy cows: The role of new technologies. *Animal* 2014. doi: 10.1017/S1751731114000299.
- [10] Roelofs, J.B.; Van Erp-van der Kooij, E. Estrus detection tools and their applicability in cattle: recent and perspectival situation. *Animal Reproduction* 2015.
- [11] Afimilk/NMR. Silent Herdsman/Better performing cows., 2012.
- [12] Stangaferro, M.; Wijma, R.; Caixeta, L.; Al-Abri, M.; Giordano, J. Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part III. Metritis. *Journal of Dairy Science* 2016. doi:10.3168/jds.2016-11352.
- [13] Wolfger, B.; Timsit, E.; Pajor, E.A.; Cook, N.; Barkema, H.W.; Orsel, K. Technical note: Accuracy of an ear tag-attached accelerometer to monitor rumination and feeding behavior in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 2015. doi:10.2527/jas.2014-8802.
- [14] Bar, D.; Solomon, R. Rumination Collars: What Can They Tell Us. The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010 2010, p. 2.
- [15] Pahl, C.; Hartung, E.; Mahlkow-Nerge, K.; Haeussermann, A. Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus. *Journal of Dairy Science* 2015. doi:10.3168/jds.2014-8025.
- [16] Hamilton, A.W.; Davison, C.; Tachtatzis, C.; Andonovic, I.; Michie, C.; Ferguson, H.J.; Somerville, L.; Jonsson, N.N. Identification of the rumination in cattle using support vector machines with motion-sensitive bolus sensors. *Sensors (Switzerland)* 2019. doi:10.3390/s19051165.
- [17] Elise Uberoi. UK Dairy Industry Statistics. House of Commons: Briefing paper 2020, p. 10.
- [18] Peng, Y.; Kondo, N.; Fujiura, T.; Suzuki, T.; Wulandari.; Yoshioka, H.; Itoyama, E. Classification of multiple cattle behavior patterns using a recurrent neural network with long short-term memory and inertial measurement units. *Computers and Electronics in Agriculture* 2019, 157, 247–253. doi:10.1016/j.compag.2018.12.023.
- [19] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks,” in *Advances in neural information processing systems*, 2012, pp. 1097–1105.
- [20] K. Simonyan and A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 2014.
- [21] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich, “Going deeper with convolutions,” in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2015, pp. 1–9.
- [22] Kamilaris, Andreas, and Francesc X. Prenafeta-Boldú. "Deep learning in agriculture: A survey." *Computers and electronics in agriculture* 147 (2018): 70-90.
- [23] Gong, Y.; Liu, L.; Yang, M.; Bourdev, L. Compressing deep convolutional networks using vector quantization. *arXiv preprint arXiv:1412.6115* 2014.
- [24] Blalock, D.; Ortiz, J.J.G.; Frankle, J.; Gutttag, J. What is the state of neural network pruning? *arXiv preprint arXiv:2003.03033* 2020.
- [25] Han, S.; Mao, H.; Dally, W.J. Deep compression: Compressing deep neural networks with pruning, trained quantization and huffman coding. *arXiv preprint arXiv:1510.00149* 2015.

- [26] Denton, E.L.; Zaremba, W.; Bruna, J.; LeCun, Y.; Fergus, R. Exploiting linear structure within convolutional networks for efficient evaluation. *Advances in neural information processing systems*, 2014, pp. 1269–1277.
- [27] Jaderberg, M.; Vedaldi, A.; Zisserman, A. Speeding up Convolutional Neural Networks with Low Rank Expansions. *Proceedings of the British Machine Vision Conference*. BMVA Press, 2014. doi:10.5244/C.28.88.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе докторске дисертације су:

- Детекција активности код животиња представља један од кључних фактора за побољшање здравља и добробити животиња, као и профитабилности у функционисању пољопривредних газдинстава.
- Технологије прецизне пољопривреде, односно технике машинског учења омогућују знатно унапређење у односу на традиционална решења за дату проблематику.
- Потребно је кроз јасну и прецизну формулацију и уређени приказ тематике теоријски уоквирити предложена решења и пружити детаљну теоријску базу корисну за широк спектар стручњака.
- Постоји јаз између научног и комерцијалног приступа предложених решења у литератури.
- Потребно је повезати научну страну и практичну реализацију предложених решења применом метода машинског учења.

4. Научне методе истраживања

У докторској дисертацији биће примењена следећа методологија:

- Проучавање и анализа доступне литературе и научних радова који се тичу праћења активности код животиња и њиховог утицаја на побољшање функционисања пољопривредних газдинстава, здравља и добробити животиња.
- Проучавање и анализа доступне литературе и научних радова који се тичу надгледања активности код животиња применом метода машинског учења.
- Проучавање и анализа доступне литературе и научних радова који се баве блиским класификационим проблемима у областима обраде сигнала и обраде слике.
- Анализа и софтверска имплементација различитих метода машинског учења и њихово детаљно поређење у виду класификационих перформанси и комплексности алгоритама предложених решења.
- Компаративна анализа различитих модалитета сигнала где ће се размотрити индивидуалне предности, недостаци и генералне карактеристике сваког од модалитета сигнала коришћених у оквиру ове дисертације.
- Детаљна анализа могућности примене предложених решења на бази метода машинског учења у реалном окружењу.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси докторске дисертације су:

- Систематичан и детаљан преглед литературе постојећих решења у области примене метода прецизне пољопривреде у циљу детекције активности код животиња, као и детаљан приказ различитих метода машинског учења коришћених у оквиру докторске дисертације.
- Развој иновативних софтверских решења заснованих на примени различитих метода машинског учења у циљу решавања низа класификационих проблема.
- Формирање детаљне компаративне анализе конвенционалних метода и метода базираних на дубоком учењу са становишта теорије и практичне реализације предложених решења.
- Процена времена преживања и храњења код крава применом конвенционалних метода машинског учења и метода базираних на дубоким неуронским мрежама на основу сигнала са акцелерометра интегрисаног у крављу огрлицу. Детекција индивидуалних и групних активности код животиња коришћењем информација добијених помоћу видео камера инсталираних на фарми.
- Развој софтверског алата за ефикасну редукцију модела машинског учења у циљу смањења меморијских и рачунарских ресурса, типичних за моделе машинског учења предложених решења у литератури.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру докторске дисертације подељен је у 5 фаза:

- Прва фаза обухвата преглед, проучавање и класификацију литературе релевантне за тематику којом се бави дисертација. Прва фаза такође подразумева формирање мултидисциплинарне анализе и теоријске поставке проблематике надгледања различитих активности код животиња применом метода машинског учења.
- Друга фаза обухвата анализу предности и недостатака конвенционалних метода и метода базираних на дубоким неуронским мрежама за дате класификационе проблеме. На основу донетих закључака, размотриће се даљи правци истраживања.
- Трећа фаза обухвата развој иновативних софтверских решења заснованих на примени метода машинског учења за различите модалитете сигнала. Циљ треће фазе је да се формулишу недостаци и да се предложи компромисно решење по питању сложености и перформанси, што подразумева развој софтверског алата за ефикасну редукцију модела машинског учења.
- Четврта фаза обухвата поређење резултата предложених решења. Предности и недостаци разматраће се на основу критеријума комплексности, конзистентности и перформанси на различитим скуповима података.
- Пета фаза обухвата дефинисање даљег правца истраживања у погледу унапређења и примене предложених решења на сличне проблеме.

7. Закључак и предлог

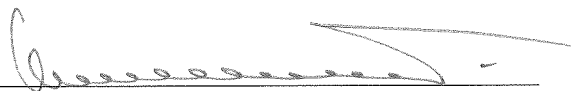
Приликом писања извештаја, Комисија је размотрила релевантне чињенице о подобности теме и кандидата. Узимајући у обзир резултате досадашњег рада кандидата Дејана Павловића, Комисија је закључила да кандидат јесте способан за научно истраживачки рад. Детаљном анализом предложене теме под називом „Праћење сточне производње применом напредних алгоритама машинског учења ” (на енглеском „Monitoring livestock farming using advanced machine learning algorithms”), Комисија је у потпуности сагласна да оваква тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију.

Комисија констатује да предложена тема припада ужој научној области “Управљање системима и обрада сигнала” и да је Универзитет у Београду - Електротехнички факултет (ЕТФ) матичан за ову научну област. За ментора докторске дисертације комисија предлаже др Горана Квашчева, ванредног професора са ЕТФ-а, и прилаже уз овај Извештај и списак радова др Горана Квашчева, који га квалификују за ментора докторске дисертације.

Имајући у виду све претходно наведено, Комисија има част и задовољство да Наставно-научном већу ЕТФ-а предложи да прихвати тему докторске дисертације „Праћење сточне производње применом напредних алгоритама машинског учења” (на енглеском „Monitoring livestock farming using advanced machine learning algorithms”) и да кандидату Дејану Павловићу омогући приступ њеној изradi.

У Београду, 22.11.2021.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



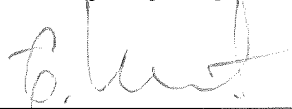
др Горан Квашчев, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(предложени ментор)



др Жељко Ћуровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(председник комисије)



др Драган Денић, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет
(члан комисије који није запослен на ЕТФ)



др Бошко Николић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(члан комисије)