

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на IX седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној дана 9.9.2026. године, одређени за чланове *Комисије* за припрему реферата за *оцену испуњености услова и оправданост предложене теме докторске дисертације* за АЛЕКСАНДРА ЗЕЧЕВИЋА, мастер метеоролога, који је пријавио тему докторске дисертације под називом:

„ПРИМЈЕНА МАШИНСКОГ УЧЕЊА У КРАТКОРОЧНИМ ПРОГНОЗАМА ЗА
ПОТРЕБЕ ПРОИЗВОДЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА”

а за коју предлагемо ментора др Драгану Вујовић, ванредног професора Физичког факултета Универзитета у Београду, подносимо Већу следећи

РЕФЕРАТ

1. Биографски подаци о кандидату

Александар Зечевић је рођен 5. септембра 1996. године у Никшићу. Основну школу „Олга Головић” завршио је 2011. године у Нишићу, а гимназију „Стојан Церовић” 2015. године. Физички факултет у Београду уписује 2015. године на смеру Метеорологија и завршава га просечном оценом 8,26 (осам и 26/100) 2020. године. Мастер студије завршава 2021. године просечном оценом 10 (десет и 0/100) одбравивши мастер рад са насловом „Пројекција производње електричне енергије у вјетропарку Крново (Никшић) на основу анализе и прогнозе метеоролошких величина” под менторством проф. др Драгане Вујовић. Исте године уписује докторске студије и свој рад наставља у истој области, са акцентом на примену машинског учења на побољшање краткорочних прогноза времена за потребе побољшања прогнозирања производње електричне енергије из обновљивих извора. Све испите на докторским студијама је положио са просечном оценом 9,5.

2. Научна активност

Тема истраживања којом се бави Александар Зечевић припада научној области Метеорологија.

2.1 Списак радова

Радови у водећим међународним часописима:

- **Zečević, A.,** Filipović, L., Marčev, A. (2023). Verification of temperature, wind and precipitation fields for the high-resolution WRF NMM model over the complex terrain of Montenegro. *Technology and Health Care*, 31(4), 1525-1539. DOI: 10.3233/THC-229016.

M₂₂ (IF₂₀₂₃=1,4)

- **Zečević, A.,** Vujović, D. (2025). Enhancing wind energy production estimation over Montenegro using modelled and observed wind speeds and synoptic weather patterns. *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijić SASA*, 75(1), 33-50. DOI: 10.2298/IJGI2501033Z.

M₂₂ (IF₂₀₂₅=1,4)

- Vujović, D., Vučković, V., **Zečević, A.** (2025). Analysis and trends of the stability indices during hail days derived from the radiosonde observations from Belgrade (Serbia). *Atmosphere*, 16(5), 520. DOI: 10.3390/atmos16050520.

M₂₂ (IF₂₀₂₅=2,6)

Радови саопштени на скупу међународног значаја штампани у изводу (M34):

Предавања по позиву:

- **Zečević, A.,** Vujović, D., 2024. Applying machine learning to improve hail suppression systems. Critical Infrastructure Systems in the era of artificial intelligence, Beograd, Srbija, October 17-18.
- **Zečević, A.** (2026). Medium-Range Temperature Regime Transitions over Montenegro's Complex Terrain: A Comparison of AI and NWP Forecasts. Using ECMWF's Forecasts Event UEF2026, ECMWF, *oral presentation*.

2.2 Професионално усавршавање

2022: South-East Europe Meteorological Training Course, Basic Satellite Course, Шефаим, Израел, новембар

2022: IS-ENES3 Central & Eastern Europe School, From Climate Projection to Climate impacts via Regional downscaling, Праг, Чешка, децембар

2022: EuroCC trainings, Parallel Computing Course, новембар-децембар

2023: ECMWF, MOOC Machine Learning in Weather & Climate, јануар-април

2022–2023: Coinis, Data Science Course

2024: EUMETSAT, Long course on using the EUMETSAT Data Access Client, април

2024: Flash Floods Guidance System, step IV, Алања, Турска, новембар

Има искуства у раду са моделима нумеричке прогнозе времена (WRF–NMM, WRF–Chem, NMMB, ETA), као и у програмирању у Python-у (Exploratory Data Analysis, Data filtering, pandas, numpy, matplotlib, plotly, windrose, pygrib, netcdf4, xarray, PyTorch, TensorFlow sklearn, sqlalchemy, gspread, time series forecasting algorithms), Fortran, SQL, MySQL, UNIX/Linux, shell scripting Git, GitHub.

3. Образложење теме

Предмет докторске дисертације

Енергија представља основ за опстанак и напредак људског рода. Укључивање обновљивих извора енергије, нарочито ветроелектрана и фотонапонских електрана, у електроенергетске системе убрзано мења начин на који се њима планира и управља. Значај синоптичких ситуација за енергетику је тема многих научних студија. Nowcasting или предочавање развоја времена на веома кратак рок (прогноза времена на веома кратак рок) је посебно значајно, како за грађанство, тако и за електроенергетски сектор. Предмет докторске дисертације је побољшање предочавања метеоролошких величина које су важне за обновљиве изворе енергије методама машинског учења. То обухвата коришћење нумеричких модела прогнозе времена високе резолуције, синоптички контекст, сателитско предочавање облачности и накнадна обрада машинским учењем тих метеоролошких величина.

У оквиру дисертације биће испитано да ли се грешке прогноза нумеричких модела WRF-ARW и ICON разликују између појединих типова циркулације, као и да ли укључивање ових типова као додатних предиктора у поступак статистичког исправљања и машинског учења доводи до боље прогнозе температуре и влажности ваздуха, ветра, облачности и изведене ирадијансе.

Методе истраживања

Докторска дисертација кандидата је фокусирана на нумеричке експерименте у којима ће се развити и оценити синоптички условљен оквир за постпроцесирање прогностичких променљивих да би се побољшала предочавања и краткорочне прогнозе метеоролошких величина, а у циљу побољшања производње електричне енергије из обновљивих извора. Синоптички типови циркулације су одређени применом Jenkinson-Collison класификације, која је заснована на Lamb Weather Types приступу.

Коришћени су нумерички модели WRF-ARW и ICON. За локалну верификацију модела су коришћене осматрене вредности метеоролошких величина са главних метеоролошких станица у Црној Гори. При прогнози ирадијансе Сунчевог зрачења коришћени су композитна рефлексивност са филтерима којима се проверавају радарски подаци о облацима, као и анализа облака осматраних сателитом који користи оптималну

шему процене за добијање детаљних својстава облака (као што су висина и микрофизичка својства).

Резултати модела су накнадно обрађени машинским учењем, коришћењем напредне методологије коју чине Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM и CatBoost модели. У оквиру пробабилистичког прогнозирања примењивани су Quantile Models, Quantile Regression Forests и Distributional Neural Networks. Предиктори обухватају излаз WRF-ARW и ICON модела, период важења прогнозе, сат у дану, дан у години, надморску висину, положај станице, сателитске параметре облачности и синоптичке индексе из CERRA/IFS поља.

За верификацију су коришћене напредне верификационе оцене: CRPS, CRPSS, pinball loss, interval score, дијаграме поузданости, PIT хистограм, rank histogram и однос ширења ансамбла и грешке за пробабилистичке прогнозе. За праг-догађаје, као што су јаки ветрови, тип облачности или нагло слабљење зрачења, користе се Brier Score, Brier Skill Score, ROC/AUC, Probability of Detection, False Alarm Ratio и F1-score. Ово је важно због тога што стандардне оцене RMSE и MAE не описују увек способност модела да предвиди нагле промене метеоролошких величина које су важне за енергетски систем.

Очекивани резултати

Циљ докторске дисертације је да да одговор на питање да ли методе машинског учења могу да поправе резултате нумеричких модела прогнозе времена, што би учинило да прогноза производње енергије из обновљивих извора буде ефикаснија. При томе је у нумеричким експериментима коришћена област Црне Горе која има веома сложену орографију. Очекује се да докторска дисертација, као резултат, да нови оквир накнадне обраде резултата нумеричког модела уз помоћ метода машинског учења. Главни допринос би био у идеји да се грешка локалне прогнозе не узима као стална статистичка величина, већ величина која зависи од синоптичке ситуације. Тиме би се направио важан помак од чисто статистичке ка метеоролошки објашњивој исправци модела.

Развијена методологија може бити корисна за Црну Гору, али и за друге области сложене орографије, као што су Балкан, Алпи, приобална подручја и планински региони. Практично, она може подржати процену производње енергије из ветра и Сунца, планирање балансирања, смањење грешке најаве производње енергије и боље управљање ризиком од наглих промена (ramp event). У ширем научном смислу, дисертација доприноси развоју хибридне метеорологије у којој се физички модели, реанализе, сателитска осматрања и машинско учење не посматрају као конкуренти, већ као комплементарни извори прогностичке информације.

Кандидат је одбранио тему докторске дисертације под називом: „УНАПРЕЂЕЊЕ ВРЛО КРАТКОРОЧНИХ И КРАТКОРОЧНИХ НУМЕРИЧКИХ ПРОГНОЗА ВРЕМЕНА ПРИМЈЕНОМ МАШИНСКОГ УЧЕЊА УСЛОВЉЕНОГ СИНОПТИЧКИМ СИТУАЦИЈАМА У ФУНКЦИЈИ ПРОГНОЗИРАЊА ПРОИЗВОДЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА” пред Колегијумом докторских студија Физичког факултета Универзитета у Београду, 15.07.2026. године.

Примедба Колегијума је била да се наслов скрати, па је садашњи наслов:

„ПРИМЈЕНА МАШИНСКОГ УЧЕЊА У КРАТКОРОЧНИМ ПРОГНОЗАМА ЗА ПОТРЕБЕ ПРОИЗВОДЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА”

Референце ментора, др Драгане Вујовић, од 2020. године

- [1] **Vujović D**, Nađ J, Marković V, Vučković V:
Spatiotemporal distribution of strong convective cells over northern Serbia, 2008-2010
Met. Applic., 27 (2020) e1889, DOI: 10.1002/met.1889, **IF₂₀₂₁=2.451** (M₂₃), ISSN 1469-8080
- [2] Đurić M, **Vujović D**:
Short-term forecasting of air pollution index in Belgrade, Serbia
Met. Applic., 27(5) (2020) e1946, DOI: 10.1002/met.1946, **IF₂₀₂₁=2.451** (M₂₃), ISSN 1469-8080
- [3] Nađ J, **Vujović D**, Vučković V:
Hail characteristics in Serbia based on data obtained from the network of hail suppression system stations
Int. J. Climatol., 41(15), 6556-6572 (2021), DOI: 10.1002/joc.7212, **IF₂₀₂₀=4.069** (M₂₁), ISSN 0899-8418
- [4] Vučković V, **Vujović D**, Jovanović A:
Aerosol parameterisation in a three-moment microphysical scheme: Numerical simulation of submicron-sized aerosol scavenging
Atmos.Res., 273, 106148 (2022), DOI: 10.1016/j.atmosres.2022.106148, **IF₂₀₂₁= 5.965** (M₂₁), ISSN 0169-8095
- [5] Todorović N, **Vujović D**:
Links between geomagnetic activity and atmospheric cold front passage over Belgrade area, Serbia
Meteorol. Appl., 29(6):e2107 (2022), DOI: 10.1002/j.met.2107, **IF₂₀₂₁= 2.451** (M₂₃), ISSN 1469-8080
- [6] Vučković V, **Vujović D**, Savić D:
Influence of electrostatic collection on scavenging of submicron-sized aerosols by cloud droplets and raindrops
Aerosol Sci.Tech., 57:11, 1154–1173 (2023), DOI: 10.1080/02786826.2023.2251551, **IF₂₀₂₂= 5.2** (M₂₁), ISSN 0278-6826
- [7] Vučković V, **Vujović D**, Savić D, Filipović L:
Impact of electro-collection and ice nucleation on aerosol scavenging
Aerosol Sci.Tech., 59:8, 1006-1026 (2025), DOI: 10.1080/02786826.2023.2251551, **IF₂₀₂₃= 2.8** (M₂₂), ISSN 0278-6826

- [8] Kecman S, Stojanović N, Vukmirović M, Vasiljević N, Bjedov I, **Vujović D**:
The impact of the small urban green space on the urban thermal environment: the Belgrade case study (Serbia)
Forests, 16, 321 (2025), DOI: 10.3390/f16020321, **IF₂₀₂₃= 3.1** (M₂₁), ISSN 1999–4907
- [9] Zečević A, **Vujović D**:
Enhancing wind energy production estimation over Montenegro using modeled and observed wind speeds and synoptic weather patterns.
Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijić SASA, 75(1), 33–50 (2025),
DOI:10.2298/IJGI2501033Z, **IF₂₀₂₃= 1.4** (M₂₂), ISSN 0350-7599.
- [10] **Vujović D**, Vučković V, Zečević A
Analysis and Trends of the Stability Indices During Hail Days Derived from the Radiosonde Observations from Belgrade (Serbia).
Atmosphere, 16(5), 520 (2025), <https://doi.org/10.3390/atmos16050520>, **IF₂₀₂₅= 2.6** (M₂₂), ISSN 2073-4433.
- [11] Vučković V, **Vujović D**, Savić D, Filipović L
The Effect of Electrocollection by Ice Hydrometeors on the Scavenging of Submicron-Sized Aerosol Particles (part of the Special Issue Electrostatics of Atmospheric Aerosols, 2nd Edition)
Atmosphere, 16(11), 1265 (2025), <https://doi.org/10.3390/atmos16111265>, **IF₂₀₂₅= 2.6** (M₂₂), ISSN 2073-4433.

Конференцијски рад:

Zečević A, **Vujović D**
Applying machine learning to improve hail suppression systems, Critical Infrastructure Systems in the era of artificial intelligence, Beograd, Srbija, October 17-18, 2024

Сума импакт фактора 2020–2026: 35,087

Средњи импакт фактор: **3,189**

Категорија часописа	Број радова у категорији, 2020–2026
M21	4
M22	4
M23	3

ЗАКЉУЧАК

На основу свега изнетог, предлажемо Наставно-научном већу Физичког факултета да прихвати тему „ПРИМЈЕНА МАШИНСКОГ УЧЕЊА У КРАТКОРОЧНИМ ПРОГНОЗАМА ЗА ПОТРЕБЕ ПРОИЗВОДЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА” за израду докторске дисертације мастер метеоролога Александра Зечевића, као и ментора за предложену тему, др ДРАГАНУ ВУЈОВИЋ, ванредног професора Физичког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 17. септембар 2026. године

Др Владан Вучковић, ванр. професор

Универзитет у Београду, Физички факултет

Др Сузана Путниковић, доцент

Универзитет у Београду, Физички факултет

Др Мирјана Румл, редовни професор

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет