

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Соње Кнежевић

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета донетом на седници одржаној 10.03.2026. године (број одлуке 480/29 од 10.03.2026. године), именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидаткиње Соње Кнежевић под насловом

„Предиктивно управљање ресурсима у микромрежи“

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- 27.10.2021.** кандидаткиња Соња Кнежевић уписала је докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.
- 26.12.2024.** Након положених свих испита предвиђених наставним планом и програмом докторских студија Модула електроенергетске мреже и системи, кандидаткиња Соња Кнежевић је пријавила тему за израду докторске дисертације под насловом „Предиктивно управљање ресурсима у микромрежи“. За ментора је предложен др Милета Жарковић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.
- 08.01.2025.** Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидаткиња упутила Наставно –научном већу на усвајање.
- 14.01.2025.** Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу:
1. Др Горан Добрић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет

2. др Александар Милићевић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке “Винча”
3. Др Горан Квашчев, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет

11.03.2025. године Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

17.04.2025. године Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације. Решење број 61206/2-25 од 17.04.2025.

23.02.2026. Кандидаткиња Соња Кнежевић предала је докторску дисертацију на преглед и оцену.

26.02.2026. Кандидаткиња је предала докторску дисертацију на оцену.

03.03.2026. Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за оцену докторске дисертације.

10.03.2026. Наставно-научно веће Факултета именовало је Комисију за оцену докторске дисертације (број одлуке 480/29 од 10.03.2026. године).

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидаткиње Соња Кнежевић припада научној области Техничке науке – Електротехника, ужа научна област Електроенергетски системи. За ментора дисертације одређен је др Милета Жарковић, ванредни професор на Универзитету у Београду - Електротехнички факултет, због истакнутих доприноса у ужој области Електроенергетски системи, а посебно у подобласти вештачке интелигенције у електроенергетици, којом се бави предметна дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Соња Кнежевић рођена је 17.03.1998. године у Београду, Република Србија. Основну школу завршила је у Кули. Потом је похађала гимназију „Петро Кузмјак“ у Руском Крстуру. Након завршене средње школе, 2016. године уписује Електротехнички факултет Универзитета у Београду. На Електротехничком факултету изабрала је Одсек за енергетику, а затим и Смер за електроенергетске системе. Дана 16.07.2020. године завршила је основне академске студије на студијском програму Основне академске студије Електротехника и рачунарство, модул Енергетика – Смер електроенергетски системи, у трајању од четири године, обима 240 ЕСПБ бодова, са просечном оценом 9,02.

Мастер студије на Електротехничком факултету, Смер за електроенергетске системе, уписала је 2020. године. У току мастер студија остварила је просечну оцену 10,00. Мастер академске студије на студијском програму Електротехника и рачунарство, модул Електроенергетски системи завршила је 15.06.2021. године, са оценом 10 на одбрани мастер рада на тему „Утицај фреквенцијски зависних параметара тла на ударне карактеристике уземљивача“. Ментор на изради мастер рада је био проф. др Златан Стојковић.

Докторске студије на Електротехничком факултету у Београду уписала је школске 2021/2022. године на модулу Електроенергетске мреже и системи. Тренутно је студент докторских студија.

Била је запослена у Електротехничком институту Никола Тесла Београд, у Центру за Електроенергетске објекте где је добила звање истраживача приправника. Од 2022. бави се израдом стручних студија електромагнетних прелазних процеса и тренутно је запослена у фирми Mott Macdonald. Учествовала је у изради стручног рада на тему примене вештачке интелигенције (Машинско учење; Big Data) за дигитализоване технологије у ВН постројењима (IEC61850; МПЛС; Cyber Security).

Аутор је три рада у научним часописима међународног значаја са SCI листе, у категорији M23. Такође, аутор је научног рада у часопису националног значаја категорије M52, као и четири рада у зборницима скупова националног значаја.

Активно се служи енглеским језиком, познаје основе немачког и француског језика.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Предиктивно управљање ресурсима у микромрежи“ написана је на српском језику, на 123 стране и садржи 80 слика и 22 табеле. Подељена је на 11 поглавља: 1. Увод; 2. Електроенергетски систем са новим технологијама и изазовима; 3. Машинско учење; 4. Вештачке неуралне мреже; 5. АНФИС; 6. АРИМА; 7. Употреба вештачке интелигенције за планирање рада електроенергетског система; 8. Предиктивно моделовање за процену стања ЕЕС-а; 9. Изоловани рад микромреже са вишеструким складиштима енергије; 10. Прорачун стања ЕЕС-а уз ангажовање микромреже; 11. Закључак.

Литература садржи 113 референци из којих се могу извући закључци о савременим трендовима у области предиктивног управљања електроенергетским системима, интеграције обновљивих извора енергије и примене метода вештачке интелигенције у микромрежама. Прилози дају потребна додатна објашњења везана за начине евалуације развијених модела, као и подлоге у виду табеларног приказа података коришћених за тренирање и тестирање модела. Такође, приказани су добијени резултати истраживања, као и изворни програмски кодови употребљени у дисертацији.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Рад је конципиран кроз 11 поглавља и 1 прилог. Поред уводног, у другом поглављу представљен је електроенергетски систем са новим технологијама и изазовима, са посебним освртом на интеграцију обновљивих извора, складишта енергије, купаца–потрошача и микромрежа, као и факторе који утичу на сложеност савремених система.

Кроз преглед основа машинског учења у трећем поглављу дат је увид у различите типове алгоритама и њихову примену у анализи и управљању електроенергетским системима, што читаоца уводи у проблем који се решава применом метода вештачке интелигенције. У четвртном, петом и шестом поглављу приказани су основни модели вештачке интелигенције који се користе у раду, укључујући вештачке неуралне мреже, АНФИС и АРИМА моделе.

У наредним поглављима објашњени су кључни кораци у развоју и примени модела: формирање и обрада базе података, креирање и евалуација модела, као и предикција потрошње, производње и стања електроенергетског система. Предикције су извршене на

реалним подацима, што омогућава поређење различитих приступа и процену њихове тачности и применљивости.

У завршним поглављима приказана је примена развијених метода на конкретним примерима, укључујући моделовање стања система и рад микромреже, као и анализа утицаја на губитке снаге и напонске прилике.

Поглавље 11 представља закључак аутора изведен током рада на наведеним моделима и пружа предлог будућег развоја и имплементације сазнања стечених у раду на проблематици коју теза обрађује.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Разматрана докторска дисертација представља оригинални научно-истраживачки рад у области предиктивног управљања електроенергетским системима и микромрежама. Обрађена тематика је веома актуелна и односи се на све израженије изазове интеграције обновљивих извора енергије, управљања ресурсима и примене савремених метода вештачке интелигенције у енергетици.

У оквиру дисертације развијене су методе за предиктивно управљање ресурсима електроенергетског система базирани на реалним мерним подацима. Анализиране су могућности различитих модела вештачке интелигенције, укључујући вештачке неуралне мреже, АНФИС и статистичке методе попут АРИМА модела, као и њихова међусобна поређења у погледу тачности и применљивости.

Као посебан допринос издваја се комбинација различитих приступа, при чему се неуралне мреже користе за предикцију потрошње и токова снага, док се АНФИС модели примењују за предвиђање производње и емисија, чиме се постиже већа прецизност у односу на појединачне методе.

Методама приказаним у дисертацији настоји се решити сложен проблем планирања и управљања електроенергетским системима у условима повећане неизвесности, кроз увођење аутоматизације и интелигентне обраде великих скупова података. Посебно је значајна примена ових метода на микромреже и системе са високим уделом обновљивих извора, чиме се доприноси унапређењу поузданости, ефикасности и одрживости савремених електроенергетских система.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидаткиња је истражила постојећу релевантну литературу и коректно навела 113 референци које су од значаја за тему дисертације. Литература обухвата широк опсег доступних публикација, од старијих до савремених. Литература укључује и публикације на којима је кандидаткиња аутор (радове у научним часописима међународног значаја категорије M20), а који је директно производ рада на дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У циљу анализе и провере постављених хипотеза, истраживање је спроведено применом квантитативних метода заснованих на анализи реалних података електроенергетског система и савременим приступима машинског учења и вештачке интелигенције.

- Прегледом релевантне литературе из области електроенергетских система, микромрежа, обновљивих извора енергије и метода вештачке интелигенције

дефинисан је теоријски оквир истраживања, као и кључни параметри и утицајни фактори неопходни за моделирање потрошње, производње и стања система. На основу тога формирана је база података коришћена у даљем раду.

- Извршена је анализа постојећих метода машинског учења и њихове применљивости у задацима предикције у електроенергетици, чиме су утврђене могућности различитих приступа, пре свега вештачких неуралних мрежа, АНФИС модела и АРИМА методе.
- Модели за предикцију потрошње електричне енергије, производње из различитих извора, емисије CO₂ и стања електроенергетског система развијени су и тестирани у програмском пакету MATLAB. Рачунарским симулацијама и компаративном анализом процењене су њихове перформансе и могућности примене у реалним условима рада.
- Обучавање модела извршено је на скупу реалних мерних података електроенергетског система Србије, док је валидација и поређење модела спроведено на издвојеним скуповима података који нису коришћени током тренирања, чиме је омогућена објективна процена тачности и поузданости развијених приступа.
- Тачност и адекватност примењених метода оцењиване су употребом стандардних показатеља грешке, као што су MAE, MSE, RMSE и MAPE, чиме је омогућена јасна и мерљива процена квалитета добијених резултата.

Методологија предложена у дисертацији је адекватно постављена и реализована, јер омогућава поуздану анализу сложених процеса у електроенергетским системима и микромрежама, као и примену развијених модела у условима изражене варијабилности и неизвесности. Примењени поступци су у сагласности са постављеним циљевима дисертације и у потпуности одговарају савременим стандардима научно-истраживачког рада.

3.4. Применљивост остварених резултата

Развијене методе и модели у оквиру ове дисертације могу се директно применити у системима за планирање и управљање електроенергетским системима, као и у софтверским решењима за анализу рада микромрежа. Предложени приступ омогућава унапређење процеса доношења одлука кроз примену предиктивних модела заснованих на вештачкој интелигенцији, што доприноси повећању поузданости и ефикасности рада система.

Аутоматизована анализа и предикција потрошње, производње и стања система омогућавају боље планирање рада електроенергетских ресурса, оптимизацију ангажовања извора енергије и смањење губитака у систему. Посебан значај има примена у системима са високим уделом обновљивих извора, где је неопходно управљати израженом варијабилношћу производње.

Додатна предност предложених метода огледа се у коришћењу реалних мерних података, који се обрађују и трансформишу у корисне информације за оперативно управљање. Резултати модела су представљени кроз нумеричке показатеље и јасне закључке, што омогућава њихову једноставну интерпретацију и примену у пракси.

Савремени електроенергетски системи карактерише експоненцијални раст количине доступних података. Управо због тога, развој и примена метода за њихову анализу и искоришћавање представљају један од кључних трендова у енергетици. У том контексту, резултати ове дисертације имају значајан потенцијал за практичну примену и даљи развој у области интелигентног управљања електроенергетским системима и микромрежама.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткиње за самостални научни рад

Соња Кнежевић је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду завршила четворогодишње редовне студије са просечном оценом 9,02 и мастер академске студије са просечном оценом 10,00. Кандидаткиња је на крају мастер студија одбранила мастер рад и тиме стекла услове за упис докторских академских студија. Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду кандидаткиња је уписала 2021. године. Полагањем свих испита предвиђених наставним планом и програмом докторских студија на Модулу електроенергетске мреже и системи, као и полагањем докторског испита кандидаткиња је стекла право на израду докторске дисертације у складу са Законом и правилима Универзитета и Факултета. У току докторских студија Соња Кнежевић је показала интерес и вештине које су истакле склоност ка научном раду. Способност да дефинише методологију за решавање проблема, успешност у применама модификованих и развоју нових метода, као и у развоју софтверских алата одликују научни рад кандидаткиње. Начин на који је написана дисертација, уз научне доприносе који су публиковани у научном часопису међународног значаја показује истраживачку зрелост кандидаткиње и способност приказивања резултата на јасан начин.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси предложене дисертације представљају значајан помак у области предиктивног управљања електроенергетским системима и примене вештачке интелигенције у анализи рада микромрежа. Међу најзначајније научне доприносе спадају:

- Систематизован преглед савремених електроенергетских система са интегрисаним обновљивим изворима енергије, као и анализа кључних изазова у управљању ресурсима и планирању рада система;
- Развој и примена више модела вештачке интелигенције за предикцију потрошње, производње и стања електроенергетског система, укључујући вештачке неуралне мреже, АНФИС и статистичке методе (АРИМА);
- Компаративна анализа развијених модела и утврђивање њихове тачности, поузданости и применљивости у реалним условима рада електроенергетског система;
- Развој интегрисаног приступа који комбинује различите методе вештачке интелигенције ради побољшања прецизности предикције и доношења одлука;
- Примена предложених метода на моделу електроенергетског система и микромреже, укључујући анализу рада у изолованом режиму и утицаја на губитке снаге и напонске прилике;
- Дефинисање методологије за унапређење процеса планирања и управљања ресурсима електроенергетског система, са посебним освртом на системе са високим уделом обновљивих извора енергије.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Дисертација даје јасан и систематичан преглед савремених метода за анализу и предикцију стања електроенергетских система, са посебним освртом на примену вештачке интелигенције у управљању ресурсима и радом микромрежа.

Развијени модели, као најзначајнији резултати и доприноси ове дисертације, показали су се као веома ефикасни у обради великих скупова реалних података и у генерисању прецизних предикција потрошње, производње и стања система. Добијени резултати указују

на високу тачност модела, што потврђује њихову применљивост у реалним условима рада електроенергетских система.

Компаративном анализом различитих модела утврђене су њихове предности и ограничења, при чему је посебно истакнута предност комбинованог приступа који омогућава побољшање укупне тачности предикције. На основу добијених резултата, предложен је најефикаснији модел, који се може користити као подршка у доношењу одлука при планирању рада система и управљању ресурсима.

Посебан значај резултата огледа се у могућности њихове примене у условима повећане неизвесности, карактеристичне за системе са високим уделом обновљивих извора енергије. На тај начин, предложени приступ представља значајан корак ка унапређењу поузданости и ефикасности савремених електроенергетских система.

Комисија са задовољством констатује да резултати и научни доприноси ове дисертације имају потенцијал за објављивање у научним часописима међународног значаја и да представљају вредан допринос научној и стручној јавности.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидаткиња је аутор/коаутор 3 научне публикације у међународним часописима са SCI листе, од којих су три у часопису категорије M20 из области дисертације, 1 рад у зборнику међународних конференција, као и 4 рада у зборницима конференција од националног значаја.

Листа радова:

M20

- 1) [M23] **Knežević, Sonja**, and Darko Šošić. 2024. "Isolated Work of a Multi-Energy Carrier Microgrid" *Energies* 17, no. 12: 2948. [10.3390/en17122948](https://doi.org/10.3390/en17122948)
- 2) [M23] **Knežević, Sonja** & Žarković, Mileta. (2024). "Artificial intelligence modeling for power system planning". *Electrical Engineering*. 1-15. 10.1007/s00202-024-02652-w.
- 3) [M23] **Knežević, Sonja** & Dobric, Goran & Žarković, Mileta. (2024). "Predictive modeling for power system state estimation". *Electrical Engineering*. 1-13. 10.1007/s00202-024-02837-

M50

- 4) [M52] **Knežević, Sonja** & Žarković, Mileta. (2023). "Neural Networks Modelling for Thermal Plants Production Planning". *Energija, ekonomija, ekologija*, 4, XXV. 38-4. 10.46793/EEE23-4.38K

M60

- 5) [M63] **Кнежевић, Соња** и Стојковић, Златан и Жарковић, Милета. (2023). "Утицај фреквенцијски зависних параметара тла на атмосферске пренапоне". 1503-1513. 10.46793/CIGRE36.1503K.
- 6) [M63] **Кнежевић, Соња** и Стојковић, Златан и Жарковић, Милета. (2023). "Утицај фреквенцијски зависних параметара тла на ударне карактеристике уземљивача". 893-908. 10.46793/CIGRE35.0893K.
- 7) [M63] Влаисављевић, Милица и **Кнежевић, Соња** и Жарковић, Милета. (2023). "Дијагностика стања електроенергетских мрежа помоћу аутоенкодерских неуралних мрежа". 2230-2238. 10.46793/CIGRE36.2230V.

- 8) [M63] Кнежевић, Соња и Добрић, Горан и Жарковић, Милета. (2024). "Предикција техничких губитака у ЕЕС-у". 23. Међународни симпозијум ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА. ISBN 978-99976-996-2-6

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

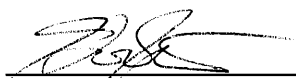
Комисија са задовољством констатује да, на основу претходног школовања и публикованих резултата, кандидаткиња Соња Кнежевић испуњава све суштинске и формалне услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У дисертацији је детаљно приказан оригиналан приступ предиктивном управљању ресурсима електроенергетских система и микромрежа. Кроз дисертацију су јасно приказане способности кандидаткиње у примени савремених истраживачких метода, пре свега метода машинског учења и вештачке интелигенције, као и њиховом даљем унапређењу, уз поштовање свих захтеваних етичких норми. Кандидаткиња је пратила светске трендове у области електроенергетских система и развила сопствене моделе за предикцију потрошње, производње и стања система, засноване на реалним мерним подацима. Комисија посебно истиче да развијени модели, поред научних доприноса, имају и значајну практичну примену у области планирања и управљања електроенергетским системима, посебно у условима повећане интеграције обновљивих извора енергије.


У складу са напред изнетим, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Предиктивно управљање ресурсима у микромрежи“ кандидаткиње Соње Кнежевић прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да се после њеног усвајања одобри јавна усмена одбрана дисертације.

Београд, 21.04.2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Горан Добрић, ванредни професор
Универзитет у Београду–Електротехнички факултет



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



др Александар Милићевић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду–Институт за нуклеарне науке 'Винча'