

## КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 29.8.2017. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада Марије Марковић, дипл. инж. електротехнике и рачунарства, под насловом „Примена вештачке интелигенције за оцену перформанси енергетских трансформатора“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Марија Марковић је рођена 23.3.1993. године у Шапцу. Завршила је основну школу „Селе Јовановић“ у Шапцу 2008. године и Гимназију у Шапцу, природно-математички смер, 2012. године, оба пута као носилац Вукове дипломе. Током школовања учествовала је на такмичењима из области физике, историје, хемије и биологије. Поред тога, у периоду од 1999. до 2009. године, похађала је музичку школу „Михаило Вукдраговић“ у Шапцу, одсек клавир. Наступала је на многобројним фестивалима младих пијаниста и освајала награде.

Електротехнички факултет у Београду уписала је 2012. године. Дипломирала је на одсеку за Енергетику, смер за Електроенергетске системе 2016. године са просечном оценом 9.08. Дипломски рад је одбранила у септембру 2016. године са оценом 10. Након дипломирања, у октобру 2016. године уписала је мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу за Електроенергетске системе, смер Постројења и опрема. Положила је све испите на мастер студијама са просечном оценом 10.00.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 53 стране, са укупно 19 слика, 11 табела и 18 референци. Рад садржи увод, 5 поглавља и закључак (укупно 7 поглавља), списак коришћене литературе и три прилога: списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Предложена је примена вештачке интелигенције за оцену перформанси енергетских трансформатора. У ту сврху коришћен је софтверски пакет MATLAB, конкретно постојећи алгоритми ненадгледаног машинског учења у оквиру MATLAB AI (енгл. *Artificial Intelligence*) функција.

У другом поглављу је објашњен појам мониторинга и дијагностике у електроенергетици, са детаљним освртом на енергетске трансформаторе на које се ставља посебан акценат с обзиром да представљају најскупљу примарну опрему како преносног, тако и дистрибутивног електроенергетског система.

У трећем поглављу је дат приказ планских испитивања енергетских трансформатора и представљени су главни узроци кварова и отказа истих. Посебна пажња је посвећена електричном изолационом систему енергетског трансформатора, јер његово старење одређује преостали животни век трансформатора.

Четврто поглавље детаљно описује уобичајене прикупљене податке, на основу којих се изводе закључци о стању и квалитету перформанси енергетских трансформатора.

У оквиру петог поглавља је описана имплементација AI техника за класификацију кварова и поделу испитиваних енергетских трансформатора са одређеном вероватноћом квара у групе (кластере). У овом поглављу је, пре свега, објашњен појам машинског учења и његов значај у електроенергетици, затим кластер анализа, као и две методе кластеровања које су примењене у раду. Класификациона анализа је извршена помоћу *K - means* алгоритма, једног од најпопуларнијих алгоритама ненадгледаног машинског учења. Дат је опсежан опис *K - means* методе, као и хијерархијске методе кластеровања која је коришћена ради верификације добијених резултата.

У шестом поглављу су анализирани резултати извршења одговарајућих MATLAB кодова ненадгледаног машинског учења, прилогађених анализираној проблематици. Сама анализа је спроведена за случај мање и за случај веће базе података, обе формиране на основу реалних података прикупљених у ЈП Електропривреда Србије.

Последње, седмо поглавље, представља закључак рада у оквиру кога је описан значај примене техника вештачке интелигенције за менаџмент електропреносних и електропривредних организација са циљем постизања оптималних решења у вези сагледавања мера, обима и средстава за одржавање преносног/дистрибутивног електроенергетског система. Резимирани су резултати рада и предложена је примена анализираних метода и у случају друге електроенергетске опреме.

### **3. Анализа рада са кључним резултатима**

Мастер рад кандидаткиње Марије Марковић, дипл. инж. електротехнике и рачунарства, бави се применом вештачке интелигенције за оцену перформанси енергетских трансформатора.

У мастер раду је дат детаљан приказ поступака за оцену стања енергетског трансформатора уз критички приказ примене метода са индексом здравља. Према овој методи прикупљени подаци су тумачени на основу критеријума из одговарајућих стандарда и подељени су на задовољавајуће и незадовољавајуће групе. На основу одговарајућих критеријума подаци су помножени тежинским коефицијентима, и након сабирања је добијен укупан индекс здравља енергетских трансформатора. Код овакве методе присутан је субјективни утицај, па је из тог разлога у раду предложена примена напредне технологије вештачке интелигенције, конкретно, ненадгледано машинско учење код кога излаз, стање и тип квара енергетског трансформатора нису познати. Метода *k-means* вредности (*k-means*) је примењена за класификацију кварова и поделу испитиваних енергетских трансформатора у групе са одређеном вероватноћом квара. Поменути метода је обучена и тестирана на реалним подацима прикупљеним у ЈП Електропривреда Србије. Ради верификације добијених резултата примењена је метода хијерархијског кластеровања.

У оквиру овог рада остварени су следећи циљеви: 1) Дат је приказ планских испитивања енергетских трансформатора; 2) Дати су подаци на основу којих је потребно донети одлуку о даљем раду енергетског трансформатора; 3) Приказан је метод за класификацију кварова и поделу испитиваних енергетских трансформатора са одређеном вероватноћом квара у групе (кластере); 4) Извршена је класификација стања енергетског трансформатора, заснована на ризику отказа, при чему су коришћене класификационе методе које спадају у групу метода ненадгледаног учења, као једног од најзаступљенијих видова машинског учења.


#### 4. Закључак и предлог

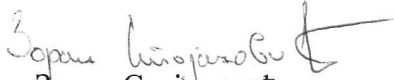
Кандидаткиња Марија Марковић, дипл. инж. електротехнике и рачунарства, је у свом мастер раду успешно применила поступак вештачке интелигенције за оцену перформанси енергетских трансформатора, на основу чега је могуће стећи бољи увид у стање ових елемената и донети одговарајуће одлуке. Кандидаткиња је исказала оригиналност, самосталност и систематичност у обради овог рада.

На основу горе наведеног, Комисија предлаже Комисији II степена Електротехничког факултета у Београду да рад кандидаткиње Марије Марковић, дипл. инж. електротехнике и рачунарства, под насловом „Примена вештачке интелигенције за оцену перформанси енергетских трансформатора“ прихвати као мастер рад и кандидаткињи одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 11.9.2017. године

Чланови комисије

  
др Златан Стојковић, редовни професор

  
др Зоран Стојановић, доцент