

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 04.07.2023. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Марка Бурцића под насловом „Моделовање импулског одзива радио канала применом неуралних мрежа”. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци

Марко Бурцић је рођен 28.04.1999. у Београду. Основну школу „Јефимија“ у Обреновцу је завршио као носилац дипломе „Вук Караџић“ и ђак генерације. Након тога је завршио „Гимназију у Обреновцу“, као носилац Вукове дипломе. У основној и средњој школи освајао је награде на бројним такмичењима из математике и физике. Електротехнички факултет у Београду је уписао 2018. године. Основне академске студије завршио је 2022. године на Одсеку за телекомуникације, смер Системско инжењерство са просечном оценом 9,07. Током школске 2020/21. године био је ангажован као студент демонстратор на предметима Практикум софтверски алати и Телекомуникације 1. Школске 2021/22. године био је ангажован као студент демонстратор на предметима Радио комуникације, Телекомуникациони системи, Телекомуникације 1 и Основи телекомуникација. Мастер академске студије је уписао у октобру 2022. на Електротехничком факултету на смеру Информационо комуникационе технологије. За време студија био је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја као и општине Обреновац. Од јануара 2023. је запослен на Катедри за телекомуникације као сарадник у настави.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Марко Бурцић је као припрему за анализу рада урадио истраживање релевантне литературе из области радио комуникација и неуралних мрежа. Поред тога, кандидат се упознао са библиотекама отвореног кода *Tensorflow* и *Keras* које се користе за дизајнирање неуралних мрежа у програмском језику Python. Након обављеног студијског истраживачког рада, Марко је приступио изради тезе.

3. Опис мастер рада

Мастер рад кандидата Марка Бурцића „Моделовање импулсног одзива радио канала применом неуралних мрежа“, обухвата 45 страна штампаног текста са 42 слике, једном табелом и 18 референци. Рад садржи увод, шест поглавља, закључак и списак литературе.

У уводном поглављу разматрани су основни мотиви за израду рада и дефинисан је циљ рада. Поред тога, укратко је описано шта ће бити анализирано у оквиру тезе и на који начин. У другом поглављу описане су основне карактеристике радио канала. Анализирани су природни феномени који се јављају у радио каналу које је потребно познавати ради успешног моделовања радио канала. У трећем поглављу је било речи о техникама мерења импулсног одзива радио канала. Посебно је описана техника мерења импулсног одзива пребрисавањем спектра, будући да је она примењена за добијање података који су коришћени у овом раду. У четвртном поглављу је дато поређење досадашњих метода моделовања радио канала и метода моделовања радио канала употребом вештачких неуралних мрежа. Описани су бенефити примене неуралних мрежа приликом моделовања радио канала. У петом поглављу су описане вештачке неуралне мреже. Објашњени су основни појмови које је потребно познавати да би се са разумевањем дизајнирала неурална

мрежа. Наведени су сви проблеми који се могу јавити приликом обуке неуралне мреже, али је и објашњено како их избећи или решити уколико се они јаве. У шестом поглављу је укратко дефинисан проблем који се решава. Описани су коришћени подаци, детаљно је дата архитектура неуралне мреже која је коришћена. Добијене предикције су упоређене са теоријски очекиваним вредностима. Табеларно су приказане вредности средње квадратне грешке на основу којих су утврђене перформансе модела. У седмом поглављу је изведен закључак на основу добијених резултата.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Предмет рада представља моделовање радио канала што је неопходан корак ка планирању радио система. Досадашње технике моделовања радио канала неће задовољити захтеве будућих сервиса. Потенцијално решење у моделовању радио канала представља вештачка интелигенција.

На располагању је био велики сет мерних података на различитим ширинама радио канала и за различите фреквенцијске резолуције. Ови подаци су се користити за тренирање неуралне мреже. Као улазни подаци, коришћени су временски тренуци у којима су мерења вршена, а излазни подаци су вредности снаге изражене у децибелима. За рад је коришћен програмски језик *Python* и библиотеке отвореног кода *Tensorflow* и *Keras* које се данас доминантно користе у дизајнирању неуралних мрежа.

Коначни циљ рада је предикција *Power Delay Profile*-а применом неуралних мрежа на основу којих се могу проценити закашњене *multipath* компоненте. Тачна процена *multipath* компоненти игра важну улогу у повећању перформанси бежичних комуникационих система које су неопходне за поуздано функционисање будућих сервиса.

Главни резултат рада представља проналажење оптималног модела неуралне мреже који прави предикције *Power Delay Profile*-а за различите ширине опсега радио канала и фреквенцијску резолуцију.

5. Закључак и предлог

Мастер рад Марка Бурцића анализира и пореди традиционални приступ моделовања радио канала са приступом који користи вештачку интелигенцију. Употреба вештачке интелигенције приликом моделовања радио канала показује се као надмоћно решење за дизајнирање будућих бежичних комуникационих система. У раду је коришћен модел дубоке неуралне мреже (*Multilayer Perceptron*).

Резултат рада представља проналажење оптималног модела неуралне мреже који прави предикције *Power Delay Profile*-а. На основу *Power Delay Profile*-а могу се уочити *multipath* компоненте које су важне за предикцију *short-term fading*-а.

На основу изложеног, чланови Комисије предлажу Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад Марка Бурцића, под насловом „Моделовање импулсног одзива радио канала применом неуралних мрежа“, прихвати као мастер тезу и да кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 15.09.2023.

Чланови комисије:

Проф. др Наташа Нешковић

Проф. др Александар Нешковић