

**КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ  
ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ**

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 26.03.2019. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Љубице Вујовић под насловом „**Модификације конволуционих неуралних мрежа за естимацију 3D позе шаке**“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

**ИЗВЕШТАЈ****1. Биографски подаци кандидата**

Љубица Вујовић је рођена 20.06.1994. године у Крагујевцу. Завршила је седми и осми разред основне школе у Првој крагујевачкој гимназији као ћак генерације. Средњошколско образовање наставља у Првој крагујевачкој гимназији у одељењу ученика обдарених за математику, физику и програмирање. У току средње школе, осваја бројне националне и интернационалне награде из области физике и математике, од којих је најзначајнија бронзана медаља на Интернационалном Мастеру из физике. Била је члан олимпијског тима који је представљао Србију на Интернационалној Научној Олимпијади у Азербејџану. Средњу школу завршава као ћак генерације. Електротехнички факултет уписује 2013. године а завршава 2017. године са просеком 9.91 и наградом за трећег најбољег студента на модулу Сигнали и системи. Дипломски рад је одбранила у јуну 2017. године са оценом 10. Тада је од стране Математичког института Српске академије наука и уметности добио награду за најбољи студентски рад у области рачунарства. Била је студент демонстратор на катедрама за општу електротехнику, програмирање и рачунарство и примењену математику. Мастер студије уписује 2017. године. Положила је све испите са просечном оценом 10.0.

**2. Опис мастер рада**

Мастер рад има 33 стране, са укупно 16 слика, 6 табела и 23 референце. Рад садржи списак слика, 6 поглавља и листу коришћене литературе.

На почетку тезе дат је кратак резиме мастер рада. Прво поглавље садржи увод. У њему је дефинисан основни проблем – одређивање тродимензионалних координата карактеристичних тачака шаке у референтном координатном систему анализом слике, указано на његов значај и могућности примене, увен појам конволуционе неуралне мреже (КНМ) као основне технике рачунарске визије која је коришћена у овом истраживању, и дат кратак историјски преглед области.

Друго поглавље садржи детаљнији опис данас најзаступљенијих архитектура КНМ: резидуална мрежа (ResNet), широка резидуална мрежа (WideResNet) и КНМ са више резолуција.

Треће поглавље представља централни део рада и односи се на разне модификације основне структуре КНМ и алгоритма њеног обучавања, а које је могуће увести са циљем побољшања перформанси ових мрежа на конкретном регресионом проблему процењивања 3D координата шаке на основу слике. Дискутоване су модификације *pooling* слојева, увођење глобалног *pooling-a*, употреба апсолутне и углачане апсолутне грешке као функције губитка при обучавању, уместо стандардне средње-квадратне грешке. Такође је разматрана могућност пробабилистичке интерпретације излаза мреже и употреба Kullback-Leibler дирергенције у циљу дефинисања функције губитка. Коначно, разматране су могућности измене конволуционих слојева применом проширене (енгл. dilated) конволуције.

Наредна два поглавља садрже експерименталне резултате. У четвртом поглављу је описан коришћени означени обучавајући скуп, који садржи слика и одговарајуће координате сваке од карактеристичних тачака шаке представљене на тим slikama. Објашњен је начин

увећања овог скупа вештачким додавањем нових слика, применом трансформација за које је могуће израчунати и одговарајуће промене координата шаке. У петом поглављу је експериментално упоређено 9 различитих модификација основне структуре КНМ и дефинисане су метрике којима је вршено ово поређење.

Шесто поглавље садржи закључак, у којем је дата кратка рекапитулација рада са најважнијим резултатима.

### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Љубице Вуновић бави се проблемом естимације тродимензионалних просторних координата карактеристичних тачака шаке на основу анализе дводимензионалне слике те шаке. Као основни алат усвојена је конволуциона неурална мрежа (КНМ), с обзиром да је у литератури познато да ови алгоритми последњих година имају најбоље перформансе на низу проблема из области компјутерске визије. Највећи број примена ових мрежа односи се на проблеме класификације, где је потребно израчунати вероватноће да приказана слика припада свакој од фиксног броја унапред задатих класа. Са друге стране, у овом раду се разматра проблем *регресије*, јер излаз мреже треба да представља низ тродимензионалних вектора (координате карактеристичних тачака). У том циљу су предложене и анализиране разне могућности за модификацију како основне структуре КНМ, тако и процедуре њеног обучавања.

Кандидаткиња је темељно проучила и систематизовала релевантну савремену стручну литературу из ове области, на смислен начин приступила критичкој анализи КНМ и разматрању могућности за њихово прилагођавање конкретном проблему разматраном у овом раду, и на крају имплементираја, експериментално верификовала и упоредила разне предложене модификације.

Главни доприноси рада су: 1) темељан преглед и систематизација релевантне литературе на тему савремених структура конволуционалних неуралних мрежа, 2) критичка анализа могућности за оптимизацију перформанси ових мрежа у разматраном регресионом проблему, 3) имплементација предложених решења и експериментална анализа њихових предности и недостатаца.

### 4. Закључак и предлог

Кандидаткиња Љубица Вујовић је у свом мастер раду успешно анализирала могућности примене конволуционалних неуралних мрежа за проблем естимације просторне оријентације шаке анализом слике, и предложила низ модификација којима се перформансе КНМ оптимизују за разматрани регресиони проблем. При томе је показана значајан степен систематичности, самосталности и способност коришћења литературе, с обзиром да са овом конкретном тематиком није имала прилике да се упозна ни на једном испиту у току основних нити мастер студија. Резултати рада су систематично представљени и темељно критички анализирани, и чине солидну основу за даље истраживање у овој области.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад „**Модификације конволуционалних неуралних мрежа за естимацију 3Д позе шаке**“ дипл. инж. Љубице Вујовић прихвати као мастер рад и кандидаткињи одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 02.04.2019. године

Чланови комисије:

*П. Тадић*

др Предраг Тадић, доцент

*К. Јовановић*

др Коста Јовановић, доцент