



# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

## КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 23.06.2020. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Сашке Чворо под насловом „Детекција и класификација људи на слици поређењем метода заснованих на SVM класификацији и заснованих на конволуционим неуралним мрежама“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Сашка Чворо је рођена 27.04.1995. године у Минхену. Завршила је основну школу „Мирослав Антић“ у Београду као вуковац. Уписала је XIII београдску гимназију коју је завршила као вуковац. Електротехнички факултет у Београду уписала је 2014. године. Дипломирала је на одсеку за Сигнале и системе 2018. године са просечном оценом 8,80. Дипломски рад је одбранила у септембру 2018. године са оценом 10. Дипломске академске-мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за сигнале и системе уписала је у октобру 2018. године. Положила је све испите са просечном оценом 9,60.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 59 страна, са укупно 21 сликом, 7 табела и 31 референцом. Рад садржи увод, 5 поглавља и закључак (укупно 7 поглавља) и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у коме је укратко описана тема рада као и организација мастер рада.

У другом поглављу је дат кратак преглед основних разлика између класификације и детекције статичких објеката. Поред тога представљени су основни проблеми код класификације и детекције, као и преглед историјског развоја поменутих области компјутерске визије.

У трећем поглављу су детаљно представљена обележја на бази оријентисаних градијената (HOG). Дат је детаљан теоријски приказ HOG обележја и описано је њихово израчунавање које је коришћено у мастер раду ради детекције људи на слици.

У четвртном поглављу је теоријски приказан метод носећих вектора (SVM) који је коришћен у раду као класификатор при класификацији објеката на слици. Детаљно је приказана структура SVM модела и различите модификације које се користе у зависности од проблема који се решавају. Поред структуре и начина на који ради поменути класификатор, представљене су и позитивне и негативне стране при коришћењу SVM класификатора.

У петом поглављу је дат теоријски опис конволуционих неуралних мрежа (КНМ). Описана је основна структура поменутих мрежа, представљени су основни слојеви сваке КНМ као и њихов задатак. Поред уопштеног приказа КНМ, представљене су архитектуре и еволуција VGG16 и YOLO мрежа које представљају примере КНМ.

Шесто поглавље представља резултате рада у коме су описани имплементација алгорита за класификацију и детекцију људи на слици, коришћењем прво HOG обележја, а потом и дубоких обележја, којима су тренирани SVM класификатори. У оквиру овог поглавља анализирани су и упоређени добијени резултати са резултатима савремених КНМ.

Седмо поглавље је закључак који се осврће на добијене резултате разматраног проблема и пружа резиме целог рада.

Осмо поглавље даје коришћену литературу.

#### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Сашке Чворо се бави анализом, имплементацијом и применом алгорита за детекцију људи на слици. Мастер рад садржи детаљан преглед и анализу стручне литературе из ове области. Циљ овог рада био је да прикаже и упоређи различите методе за

класификацију и детекцију људи на сликама. Иницијална анализа је спроведена коришћењем основних метода за издвајање обележја са слике и детекцију објеката. Касније у раду, иницијални приступ је проширен коришћењем КНМ које се данас највише користе у овој проблематици због њихове робустности и велике моћи генерализације.

Детаљно су описана НОГ обележја коришћена при SVM класификацији и изложена је структура VGG16 конволуционе неуралне мреже из које су екстрахована дубока обележја. Након класификације људи на сликама коришћењем различитих обележја којим је обучаван SVM модел, класификација је проширена на детекцију. За детекцију људи на сликама било је потребно увести приступ Non-maximum Suppression (NMS) и пирамиду слике како би се на сликама са позадином издвојили људи у различитим пропорцијама. Овако добијени резултати детекције упоређени су са резултатима које пружа YOLOv3 КНМ.

Приступ класификацији људи на слици (комбинација НОГ + SVM) је дала задовољавајуће резултате. Разлика у тачности у зависности од коришћеног језгра код SVM готово да не постоји што је последица линеарне сепарабилности класа над којима се SVM примењује. Такође, добијена тачност указује да су НОГ обележја поуздани извори информација на слици. Поред НОГ обележја, SVM је обучаван и коришћењем дубоких обележја која се добијају трансформацијом знања кроз конволуционе слојеве. Увођењем дубоких обележја очекивано је побољшање у тачности што се испоставило тачним.

Приступ који је коришћен за класификацију је проширен и прилагођен како би се већ обучени модели користили за детекцију људи на сликама са позадином. Изазови приликом детекције су многобројни. Неки од изазова су решени самим избором обележја. На пример, систем за детекцију не мора да води рачуна о промени илуминације на слици јер су НОГ и дубока обележја отпорна на такву промену. Увођењем пирамиде слике решен је проблем различитих пропорција објеката од интереса на слици, у овом случају људи. Како би се превазишло преклапање детекција око истог објекта уводи се NMS алгоритам.

Добијене детекције упоређене су са детекцијама које даје YOLOv3 КНМ која представља једну од најнапреднијих и често коришћених КНМ данас. У сваком погледу, резултати детекције YOLOv3 мреже су бољи. Штавише, YOLOv3 мрежа може упоредо да врши детекцију објеката из других класа. Искрпно претраживање слике је неефикасно и у погледу времена извршавања и у погледу рачунарских ресурса, и као такво није адекватно за имплементацију у системима који раде у реалном времену. Са друге стране YOLOv3 мрежа врши детекцију у много краћем временском интервалу и као таква је погоднија за комерцијалну употребу.


#### 4. Закључак и предлог

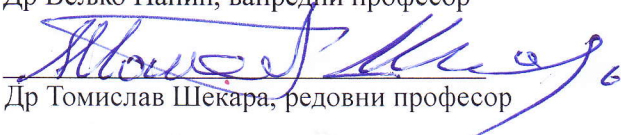
Кандидат Сашка Чворо је у свом мастер раду представила преглед алгоритама за класификацију и детекцију људи на сликама, почевши од једноставног приступа класификације помоћу SVM класификатора у комбинацији са плитким и дубоким обележјима са слике, који је проширен и упоређен са „state-of-the-art“ КНМ. Детаљан преглед литературе у уводном поглављу уводи читаоца у материју обрађену радом, док резултати из потоњих поглавља потврђују очекиване резултате. У раној фази имплементације система претпостављено је да ће модерне методе базиране на КНМ превазићи конвенционалне методе по питању тачности и брзине извршавања што је у раду и потврђено. Такође, показано је да дубока обележја не носе много већу количину информација о људима на слици од плитких (НОГ) обележја и да су резултати класификације SVM класификатором у оба случаја веома добри. У свом раду, кандидат је показао систематичност и самосталност.

На основу горе наведеног, Комисија за преглед и оцену мастер рада предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад „**Детекција и класификација људи на слици поређењем метода заснованих на SVM класификацији и заснованих на конволуционим неуралним мрежама**“, кандидата дипл. инж. Сашке Чворо, прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 09.07.2020. године

Чланови комисије:

  
Др Вељко Папић, ванредни професор

  
Др Томислав Шекара, редовни професор