

Веће за техничко-технолошке и природно-математичке науке, је одлуком Број 622-17 од 30.01.2026. године, именovalo Комисију за оцeну мастер рада Василије Јоксимовић, под насловом „Пројектовање и имплементација конволуционе неуронске мреже за класификацију дронова на основу радио комуникације”. Након прегледа завршног рада, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

о завршном раду на мастер академским студијама

1. Биографски подаци кандидата

Василија Јоксимовић је рођена 24.04.1993. године у Прокупљу, где је и завршила основну школу „Ратко Павловић-Ћићко”. Средњу школу, гимназију природно-математичког смера у Прокупљу, завршила је 2012. године са одличним успехом. Војну академију, студијски програм Војноелектронско инжењерство – модул телекомуникације, уписала је 2012. године. Дипломирала је 2016. године са просечном оценом 9,31. Дипломски рад „Планирање радио комуникација у ВФ фреквенцијском опсегу и предикција пропагације у планираним радио мрежама” одбранила је у августу 2016. године са оценом 10 (десет). Мастер академске студије на Војној академији у Београду, студијски програм МАС Војноелектронско инжењерство, уписала је у априлу 2023. године. Положила је све испите са просечном оценом 9,6. Тренутно ради на истраживачким задацима у Војнотехничком институту.

2. Опис завршног рада

Мастер рад садржи 65 страна текста, заједно са насловном страном, списком скраћеница, садржајем и списком литературе. Рад садржи пет поглавља, а у списку литературе су наведене 53 референце.

Прво поглавље представља увод, у коме су описани предмет и циљ истраживања, и у коме су описана остала поглавља рада.

У другом поглављу рада дате су теоријске основе појмова и технологија коришћених у мастер раду. Објашњен је појам дронова, описан њихов начин рада, подела и комуникациони систем. Поред тога, објашњен је и принцип рада антидрон система. Такође, дате су основе вештачке интелигенције са освртом на конволуционе неуронске мреже (енг. Convolutional Neural Networks, CNN) и детаљном анализом примењеног YOLO (енг. You Only Look Once) алгоритма CNN. На крају је објашњена примена технологије у близини сензора у извршавању неуронских мрежа (енг. Edge Artificial Intelligence, EDGE AI).

У трећем поглављу описана је методологија истраживања, кроз опис процеса аквизиције сирових података и њихову даљу обраду применом модела неуронске мреже на изабраној хардверској платформи. У овом делу објашњена је обрада сирових сигнала, поступак креирања слике спектрограма РФ комуникације. Након тога дата је анализа примене енергетске детекције спектрограма која за циљ има одбацивање спектрограма који не поседују сигнале од значаја за даљу анализу. Поред тога, дате су карактеристике изабране хардверске платформе и објашњена је припрема окружења за извршавање модела

неуронске мреже. На крају поглавља детаљно су објашњени сценарији по којима је реализован практични део рада и параметри од значаја за анализу резултата.

Четврто поглавље обухвата анализу примене развијеног модела у реалним условима, након имплементације на изабраној хардверској платформи. Испитана је изводљивост употребе YOLOv8 модела, као представника савремених конволуционих неуронских мрежа, у конкретним сценаријима детекције и препознавања дрона. Прорачунати су рачунски трошкови, као и ефикасност примене модела у реалном времену, узимајући у обзир ограничења изабраног хардвера. Дата је компаративна анализа неколико могућих решења, као и аргументован избор оптималне варијанте за интеграцију у реалне системе.

На крају рада, дат је закључак о доприносу рада, као и предлозима за унапређење овог истраживања и даљу примену добијених резултата.

3. Анализа рада са кључним резултатима

Предмет мастер рада Василије Јоксимовић, дипл. инж. је пројектовање конволуционе неуронске мреже за класификацију дрона и њена имплементација у циљу проналажења адекватног решења за борбу против дрона. Практично је реализована аквизиција РФ комуникације дрона и њихових управљачких станица. Након тога је извршена даља обрада радио комуникације са циљем правовремене детекције и класификације дрона. За ову потребу пројектована и имплементирана је конволуциона неуронска мрежа (са примењеним YOLOv8 алгоритмом), која као улаз користи спектрограм РФ комуникације. Спектрограми представљају кључни елемент у процесу класификације, јер омогућавају визуелизацију РФ комуникације дрона, што је погодно за даљу обраду и анализу применом дубоког учења.

Имплементација модела дубоког учења извршена је на хардверској платформи Jetson Orin са циљем процене могућности примене EDGE технологија у системима за правовремену детекцију дрона. Модел остварује веома добре перформансе у реалном времену, како у појединачној тако и у паралелној обради више спектрограма. Спроведене анализе потврђују да је имплементација применљива у пракси.

Мастер рад представља значајан корак у правцу развоја интелигентних антидрон система заснованих на дубоком учењу. Кроз интеграцију YOLO модела за класификацију и детекцију дрона са реалним РФ подацима приказана је могућност примене дубоких неуронских мрежа у анализи спектрограма. Посебан допринос рада огледа се у детаљној анализи понашања хардверске платформе Jetson Orin током инференције, чиме је показано да је могуће постићи стабилне и енергетски ефикасне перформансе у реалном времену. Резултати овог истраживања представљају основу за даљи развој адаптивних и оптимизованих EDGE система намењених применама у специфичним и енергетски ограниченим платформама, као што су мобилни или теренски уређаји, где је управљање потрошњом и ефикасност извршавања од пресудног значаја.

Василија Јоксимовић, дипл. инж. је из оквира мастер рада објавила резултате у националном часопису Scientific Technical Review, као и на међународној научној конференцији о одбрамбеним технологијама OTEX 2024. Један је од коаутора базе РФ сигнала дрона VTI_DroneSET_FFT, намењеној истраживању и развоју система заштите од дрона. База се широко користи у истраживачкој заједници.

4. Закључак и предлог

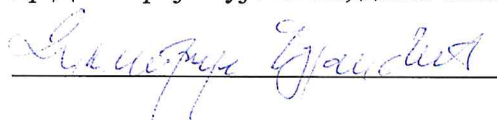
Василија Јоксимовић, дипл. инж. је у свом раду представила пројектовање и обучавање конволуционе неуронске мреже за детекцију и класификацију различитих типова дронова и тестирала ефикасност њене софтверске и хардверске имплементације. Креирана конволуциона неуронска мрежа има примену у системима за борбу против дронова, а поред тога може кроз даљи процес тренирања бити прилагођена за имплементацију на различитим средствима и системима у виду подршке за правовремену детекцију и идентификацију претњи из ваздуха. У току израде мастер рада исказала је самосталност и систематичност, као и иновативне елементе у решавању проблематике рада.

На основу наведеног, Комисија предлаже Већу за техничко-технолошке и природно-математичке науке, да прихвати рад Василије Јоксимовић, дипл. инж. под називом „Пројектовање и имплементација конволуционе неуронске мреже за класификацију дронова на основу радио комуникације”, као завршни рад и одобри јавну усмену одбрану.

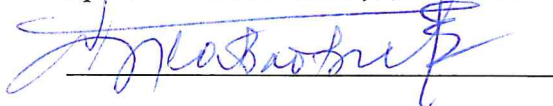
Београд, 02. фебруар 2026. године

Чланови комисије

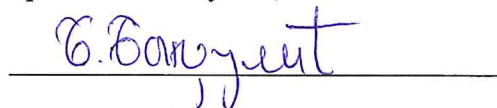
Председник комисије
пуковник, ванр. проф.
др Димитрије Бујаковић, дипл. инж.



Члан комисије
пуковник, ванр. проф.
др Бобан З. Павловић, дипл. инж.



Ментор
пуковник, ванр. проф.
др Бобан Бонцулић, дипл. инж.





Достављено:

- Катедри телекомуникација и информатике (е/р),
- Катедри војноелектронског инжењерства (е/р),
- пуковнику ванр. проф. др Бобану Бонцулићу (преко Катедре ТиИ, е/р),
- студенту МАС СП ВЕИ Василији Јоксимовић (преко Катедре ТиИ, е/р) и
- Архиви.