

Чувати до краја 2026. године  
Функција 12, редни број 02  
23.12.2024. пк Б. Бонцулић  
(датум) (обрађивач)

пк ванр. проф. др Бобан Бонцулић, дипл. инж.  
ванр. проф. др Вељко Папић, дипл. инж.  
пк ванр. проф. др Слободан Симић, дипл. инж.  
пк ред. проф. др Миленко Андрић, дипл. инж.  
пк ванр. проф. др Димитрије Бујаковић, дипл. инж.

Оцена научне заснованости теме  
докторске дисертације, **ИЗВЕШТАЈ.-**

## **НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ВОЈНЕ АКАДЕМИЈЕ**

Одлуком Наставно-научног већа Војне академије Број 62-326 од 09. децембра 2024. године одређени смо у Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације студента ДАС ВЕИ Адли Тоуатија, под радним називом:

**„Детекција и класификација циљева на сликама даљинског осматрања применом алгоритама дубоког учења”**

Након проучавања пријаве теме докторске дисертације у складу са чланом 4. Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације и промоцији доктора наука (СВЛ бр. 07/24) подносимо следећи

### **ИЗВЕШТАЈ**

#### **1. ОЦЕНА ИДЕЈНОГ ПРОЈЕКТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Кандидат је у идејном пројекту докторске дисертације предложио радни наслов теме **„Детекција и класификација циљева на сликама даљинског осматрања применом алгоритама дубоког учења”**.

Један од кључних чинилаца приликом доношења одлука у војним операцијама представља одређивање положаја јединица противника опремљених савременим наоружањем и војном опремом, као и предикција њихових наредних дејстава и покрета. У ту сврху користе се сензори који раде у различитим деловима електромагнетног спектра. Различите наоружане и ненаоружане платформе опремљене су овим сензорима и издвајање и сједињавање информација прикупљених њима представља један од кључних изазова у процесу доношења одлука. У овом погледу нарочита пажња је посвећена извиђању положаја противника из ваздушног простора применом пилотираних и беспилотних ваздухоплова и сателита.

Услед велике количине података који се прикупљају сензорима који се налазе на пилотираним и беспилотним летелицама и сателитима, као и интензивним променама

ситуације на бојишту, кључну улогу за процес командовања јединицама у војним операцијама представља брзо и поуздано издвајање информација прикупљених овим сензорима. У овом процесу, нарочита пажња последњих година се посвећује алгоритмима вештачке интелигенције, услед високог процента тачности и малог времена потребног за добијање информација. Са друге стране, примена ових алгорита на сликама даљинског осматрања суочена је и са проблемима јер су информације прикупљене на основу слика даљинског осматрања издвојене само на основу једне перспективе, уз међусобну сличност различитих класа циљева које је потребно исправно класификовати. Традиционалне методе машинског учења се заснивају на издвајању карактеристичних обележја која описују циљеве различитих класа, али је успешност ових метода ограничена. Последњих година све већу улогу у детекцији и класификацији циљева на сликама даљинског осматрања имају алгоритми дубоког учења, који су предмет истраживања ове докторске дисертације.

## 1.1. Научни проблем

У оквиру предложене докторске дисертације реализоваће се истраживање у области развоја алгоритама заснованих на „дубоким неуралним мрежама“ за детекцију и класификацију циљева на сликама даљинског осматрања ради повећања тачности ових алгоритама и смањења времена потребног за доношење одлуке. Проблем тачне детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања представља захтеван проблем услед доступне перспективе из које су ти циљеви посматрани, као и великог броја малих објеката и малих разлика између посматраних класа. Последњих година нарочити значај у решавању ових проблема су добиле методе машинског учења, а нарочито алгоритми дубоког учења.

Научни проблем ове дисертације представља пројектовање и имплементација алгоритама детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања применом техника дубоког учења са циљем да се повећа тачност ових алгоритама уз смањену комплексност и мање време до доношења одлуке. У почетној фази пројектовања система потребно је дефинисати архитектуру дубоке неуралне мреже, а затим након њеног обучавања тестирати успешност кроз квантитативне показатеље њене тачности и времена потребног за доношење одлуке. Основни циљ истраживања представља пројектовање и имплементација модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања, као и оцена робустности предложеног решења у односу на деградације улазне слике различитог интензитета кроз квантитативну анализу успешности детекције и класификације (прецизност класификације циљева, стопа стварно позитивно класификованих циљева и средња просечна прецизност класификације циљева кроз две метрике). Овакав основни циљ истраживања ће се реализовати кроз реализацију подциљева:

- Кроз компаративну анализу структура дубоких неуралних мрежа заснованих на *YOLO* серији (*YOLOv5*, *YOLOv7* и *YOLOv8*), идентификовати ограничења анализираних структура у детекцији и класификацији циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања.
- Пројектовање и имплементација модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури уз интеграцију *Swin Transformer* блока ради унапређења издвајања обележја уз очување глобалних информација, и мреже бидирекционих обележја пирамиде уз додавање новог блока у *Head* секцији ради повећања успешности детекције циљева малих димензија, што се огледа у

квантитативним показатељима тачности и прецизности детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања.

- Евалуирати перформансе модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури кроз анализу различитих метрика успешности детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања, а пре свега прецизности класификације циљева, стопе стварно позитивно класификованих циљева и средње просечне прецизности класификације циљева кроз две метрике.
- Истражити робустност предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева на сликама даљинског осматрања са становишта типичних деградација (*JPEG* компресија, *JPEG2000* компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум) улазне слике и различитих степена деградације са становишта квантитативних показатеља успешности класификације.
- Идентификовати ограничења предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања.

## 1.2. Предмет истраживања

Детекција циљева на сликама даљинског осматрања представља процес одређивања позиције циља и његове класификације на основу слика добијених снимањем оптоелектронским сензорима који се налазе на пилотираним или беспилотним летелицама и сателитима. Тачна и прецизна детекција и класификација циљева омогућава праћење активности противника у реалном времену и праћење активности у ваздушном простору, те на тај начин обезбеђује информације од значаја за процес командовања и доношења одлука.

Детекција циљева на сликама даљинског осматрања представља сложен процес у коме се могу идентификовати изазови услед различитих фактора. Детектовани циљеви на сликама даљинског осматрања поседују само површински снимљена обележја из једне перспективе, док сличности између различитих класа циљева смањују вероватноћу њихове исправне класификације. Поред овога, присуство објеката малих димензија у сложеном окружењу додатно отежава процес детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања. Спољашњи фактори као што су различити метеоролошки услови и варијације осветљаја уносе додатни шум и отежавају процес детекције и класификације.

У доступној литератури могу се наћи приступи који обухватају примену традиционалних метода за класификацију циљева на сликама даљинског осматрања, као што су машинско учење, подударане узорка, примена претходних знања и др. Основни недостатак свих ових метода се огледа у проблему избора једноставних обележја која обезбеђују довољну сепарабилност класа, као и могућности издвајања ових обележја из велике количине података. Последњих година у области детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања све више се примењују методе дубоког учења.

Методе дубоког учења које се примењују за детекцију и класификацију циљева на сликама даљинског осматрања могу се поделити на основу архитектуре неуралне мреже на алгоритме у два корака и алгоритме у једном кораку. Алгоритми дубоког учења у два корака се заснивају на издвајању региона слике од интереса у првом кораку, док се у другом кораку издвајају обележја из претходно издвојених региона слике и класификују се издвојени циљеви на слици. Ови алгоритми обезбеђују високу тачност детекције, али уз повећане рачунске захтеве услед великог броја потенцијалних региона као кандидата из којих се

детектују и класификују циљеви на слици. Алгоритми дубоког учења у једном кораку користе архитектуру неуралне мреже како би се истом архитектуром одредиле и класа и позиција циља на сликама даљинског осматрања. Основно ограничење ових метода представља компромис између брзине детекције и тачности класификације циљева.

Међу различитим методама дубоког учења у једном кораку, посебно место заузимају алгоритми *YOLO* (*You Only Look Once*) серије услед своје ефикасности, брзе детекције циљева и компактнoг дизајна. У доступној литератури поред примене основних алгоритама *YOLO* серије (*YOLOv5*, *YOLOv7*, *YOLOv8* и слично), предложене су различите модификације ових алгоритама како би се побољшала њихова тачност и брзина одзива. Модификације основних алгоритама *YOLO* серије се огледају у три области: унапређење екстракције локалних и глобалних обележја у *Backbone* секцији *YOLO* алгорита, унапређење фузије издвојених обележја у *Neck* секцији *YOLO* алгорита и оптимизацији *Prediction* секције *YOLO* алгорита кроз подешавања функције губитака или додатком *Head* секције како би се побољшала детекција циљева малих димензија. Алгоритми дубоког учења за детекцију циљева на сликама даљинског осматрања углавном користе локалне информације (у непосредној близини пиксела), али не и глобалне информације које се могу издвојити на основу укупне садржине сцене. Ово за последицу има чињеницу да алгоритми дубоког учења имају ограничену способност издвајања глобалних информација и смањују размену информација између несуседних пиксела што води ка повећању вероватноће лажног аларма и смањењу вероватноће детекције циљева. Један од начина за превазилажење ових проблема огледа се у примени *Vision Transformer* секција у структури дубоке неуралне мреже, али њихова примена може водити ка мапама обележја мале резолуције, при чему комплексност њихове примене зависи по квадратном закону од резолуције слика које се налазе на улазу.

У оквиру истраживања спроведеног за потребе ове докторске дисертације, предложено се модификација структуре *YOLOv5* алгорита применом *Swin Transformer v2* блока у структури ове дубоке неуралне мреже како би се унапредило издвајање обележја и очување глобалних информација. Поред овога, размотриће се и употреба мреже бидирекционих пирамидалних обележја и додавање новог блока у *Head* секцији модификоване структуре засноване на *YOLOv5* алгоритму, како би се омогућила детекција и класификација циљева на сликама даљинског осматрања који су малих димензија. У оквиру истраживања предложена структура ће бити квантитативно поређена са другим структурама дубоких неуралних мрежа из *YOLO* серије (*YOLOv5*, *YOLOv7*, *YOLOv8* и слично) ради поређења прецизности класификације циљева, стопе стварно позитивно класификованих циљева и средње просечне прецизности класификације циљева кроз две метрике. У оквиру овог истраживања размотриће се и утицај сваке од примењених модификација основне структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* алгоритму на квантитативне показатеље правилне детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања. Посебна пажња у истраживању ће се посветити ограничењима предложене структуре у смислу њене примене за улазне слике у којима су додати различите врсте и степени деградације (*JPEG* компресија, *JPEG2000* компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум), како би се проценила робусност предложених и постојећих структура. Експериментална верификација предложене модификоване структуре ће бити спроведена кроз тестирање на две јавно доступне базе реалних слика даљинског осматрања (*MAR20* база и *DOTAv1* база (*Dataset for Object deTectioin in Aerial Images*)).

### 1.3. Хипотезе и начин њихове провере

Општа хипотеза истраживања гласи:

- Модификацијом дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури могуће је повећати тачност детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања, уз очување перформанси предложене модификоване мреже у односу на примењене деградације улазне слике.

Посебне хипотезе истраживања су:

- Додавањем *Swin Transformer v2* блока у структури дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури могуће је унапређење издвајања обележја уз очување глобалних информација доступних на сликама даљинског осматрања што се огледа у квантитативним показатељима успешности детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања.
- Употребом мреже бидирекционих пирамидалних обележја и додавањем новог блока у *Head* секцији модификоване дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* структури, омогућиће се детекција и класификација циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања уз повећање квантитативних показатеља тачности и прецизности у односу на стандардне структуре мрежа *YOLO* серије.
- Предложена модификација структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* структури ће бити робустнија у поређењу са структурама основне *YOLO* серије у односу на примењене типичне деградације слике деградације (*JPEG* компресија, *JPEG2000* компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум) различитог интензитета. Поређење робустности ће се вршити у односу на квантитативне параметре успешности детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања.

Како би се извршило доказивање предложених хипотеза, у оквиру предложеног истраживања извршиће се експериментална валидација предложене структуре модификоване дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури на јавно доступним базама слика даљинског осматрања које садрже циљеве од војног значаја (20 врста авиона из *MAR20* базе и 15 различитих врста објеката и циљева из *DOTAv1* базе). Компаративна анализа перформанси предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури са перформансама структура дубоких неуралних мрежа *YOLO* серије ће се урадити кроз поређење прецизности класификације циљева, стопе стварно позитивно класификованих циљева и средње просечне прецизности класификације циљева кроз две метрике. Поред овога, кроз експерименте са циљевима из *DOTAv1* базе података размотриће се утицај различитих деградација улазне слике (*JPEG* компресија, *JPEG2000* компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум) са различитим степенима деградације, ради евалуације робустности и идентификације предности и недостатака предложене структуре модификоване дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури у поређењу са стандардним структурама дубоких неуралних мрежа *YOLO* серије.

### 1.4. Методологија која ће бити примењена

Истраживања планирана у оквиру докторске дисертације садржаће теоријски и експериментални аспект. Током рада користиће се методе софтверског инжењерства, елементи машинског одлучивања и алгоритми одлучивања, методе вештачке интелигенције, статистичке методе и експерименталне методе. У оквиру метода софтверског инжењерства

разматраће се примена савремених технологија која укључује управљање софтверским апликацијама ради постизања ефикасне обраде података имплементацијом програмског језика *Python* и оквира дубоког учења као што је *PyTorch* на персоналном рачунару, док ће у оквирима елемената машинског одлучивања и алгоритама одлучивања нарочита пажња бити посвећена теорији одлучивања засноване на развоју и примени савремених алгоритама у области дубоких неуралних мрежа и њиховој примени за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања. Методе које се користе у области вештачке интелигенције ће се користити за развој и унапређење алгоритама доношења одлука за детекцију и класификацију циљева на сликама даљинског осматрања са становишта врсте детектованог циља, док се статистичке методе користе ради верификације успешности и квантитативне оцене развијених алгоритама заснованих на методама и техникама вештачке интелигенције. Експериментално истраживање ће обухватити обуку и тестирање развијених алгоритама предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања, као и експерименталну валидацију робустности предложене мреже у односу на врсту и интензитет деградација улазних слика.

У оквиру експерименталног истраживања користиће се две јавно доступне базе слика даљинског осматрања: *MAR20* база и *DOTAv1* база. Применом података садржаних у *MAR20* бази верификоваће се успешност детекције и класификације 20 врста авиона снимљених на сликама даљинског осматрања, док ће се квалитет предложеног алгорита верификовати кроз детекцију и класификацију 15 различитих врста објеката и циљева из *DOTAv1* базе. Робустност предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури ће се верификовати кроз експерименте са улазним сликама на којима су примењене типичне деградације слика (*JPEG* компресија, *JPEG2000* компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум) са различитим степенима деградације.

Зависне променљиве валидације успешности детекције и класификације модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања представљају прецизност класификације циљева, стопа стварно позитивно класификованих циљева и средња просечна прецизност класификације циљева рачуната кроз две метрике, док ће се зависност ових променљивих рачунати у односу на независне променљиве: улазне слике без и са имплементираним типичним деградацијама слика (*JPEG* компресија, *JPEG2000* компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум) различитих интензитета, као и примену различитих структура и варијације хипер параметара учења дубоких неуралних мрежа (стопа учења, величина серије, број епоха и сл.).

## 1.5. Програм научног истраживања

Истраживање ће бити реализовано кроз четири фазе.

У току прве фазе истраживања, нарочита пажња ће се посветити прегледу и класификацији постојећих метода и техника за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања. Током ове фазе идентификоваће се изазови и ограничења постојећих метода, посебно са становишта примене ових метода у реалном времену и наменском хардверу, при чему ће посебна пажња током ове фазе бити посвећена

методама и техникама који детектују и класификују циљеве на сликама даљинског осматрања у једном пролазу.

Пројектовање и имплементација модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања ће се реализовати у другој фази истраживања. Модификација структуре дубоке неуралне мреже ће се реализовати интеграцијом *Swin Transformer* блока ради унапређења екстракције глобалних параметара слике, мреже бидирекционих обележја пирамиде и додавањем новог блока у *Head* секцију предложене структуре ради детекције циљева малих димензија.

У оквиру треће фазе истраживања квантитативно ће се евалуирати модификована структура дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања. Ова евалуација ће се остварити кроз оцену прецизности класификације циљева, стопе стварно позитивно класификованих циљева и средње просечне прецизности класификације циљева кроз две метрике. Компаративном анализом са резултатима евалуације других структура дубоких неуралних мрежа, квантитативно ће се оценити успешност предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури.

Идентификација ограничења предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања у зависности од типа и интензитета деградација улазне слике разматраће се у четвртој фази истраживања. У оквиру ове фазе анализираће се утицај врсте типичне деградације у сликама даљинског осматрања (*JPEG* компресија, *JPEG2000* компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум) и њиховог интензитета на квантитативне показатеље успешности детекције и класификације циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања.

## 1.6. Очекивани доприноси дисертације

На основу дефинисаног предмета истраживања, у оквиру ове докторске дисертације могу се идентификовати следећи основни доприноси:

- Компаративна анализа перформанси структура дубоких неуралних мрежа заснованих на *YOLO* серији (*YOLOv5*, *YOLOv7* и *YOLOv8*) кроз квантитативну оцену успешности детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања, ради идентификације потреба за модификацијом структуре дубоких неуралних мрежа.
- Пројектовање и имплементација модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури са интеграцијом напредних техника у виду интеграције *Swin Transformer* блока, мреже бидирекционих обележја пирамиде и додавањем новог блока у *Head* секцији предложене структуре. Квантитативна оцена успешности детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања реализоваће се кроз оцену успешности детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања.
- Током истраживања анализираће се робустност предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури на основу успешности детекције и класификације циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања са становишта примењених типичних деградација (*JPEG* компресија, *JPEG2000*

компресија, замућење и адитивни бели Гаусов шум) и различитих нивоа деградације улазних слика.

- Идентификоваће се ограничења предложене модификоване структуре дубоке неуралне мреже засноване на *YOLOv5* архитектури за детекцију и класификацију циљева малих димензија на сликама даљинског осматрања.

## 1.7. Литература

У идејном пројекту докторске дисертације наведено је 25 релевантних библиографских извора који ће се користити приликом њене израде. Наведени библиографски извори покривају области које су наведене у предмету истраживања, у складу су са методологијом која ће бити примењена и начинима провере резултата.

## 1.8. Закључак о подобности теме

На основу анализе идејног пројекта докторске дисертације, Комисија је закључила:

- изабрани проблем истраживања представља научни проблем;
- проблем је добро дефинисан и повезан са постојећим сазнањима из области детекције и класификације циљева на сликама даљинског осматрања
- основна хипотеза је релевантна у односу на дефинисани проблем истраживања;
- одабране методе и програм истраживања омогућавају проверу хипотезе;
- наведена литература је релевантна за предмет истраживања;
- наслов теме одговара предмету истраживања и
- дисертација припада ужој научној области Сигнали и системи.

## 2. ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА

### 2.1. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Адли Тоуати је рођен 26.08.1994. у Ђелфи, ДНР Алжир. Завршио је Националну припремну школу за инжењерске студије у Роуибау у Алжиру 2016. године, где је стекао диплому првог циклуса. Диплому инжењера информатичког инжењерства (системи) и диплому мастер инжењера информатичког инжењерства (системи) је стекао на Политехничкој војној школи, Бордј Ел Бахри у Алжиру 2019. године. Запослен је као официр у Министарству одбране ДНР Алжир. Говори и пише арапски, француски, енглески и српски језик и добро познаје програмске језике C++, Matlab, Python, Java.

### 2.2. Објављени радови кандидата

- [1] **Адли Т.**, Бонцулић Б., Бујаковић Д., *Препознавање типа авиона у сликама даљинског осматрања применом метода дубоког учења*, Научна конференција војних наука ВојНа 2023, Зборник апстраката, стр. 298-298, Београд, Србија, 16. и 17. мај 2023 (М64).



- [2] Адли Тоуати Б., Амокране Салем-Билал Б., Павловић Бобан З., Лаидоуни Мохаммад Зоуаоуи М., Бениахиа Таки Еддине Ахмед А., *Систем откривања аномалија у мрежи на бази NetFlow протокола применом комбинованих алгоритама машинског учења*, Војнотехнички гласник, ВОЛ. 71 БР. 4 (2023): Октобар-Децембар, стр. 941-969. (M52)
- [3] Laidouni, M.Z., Benyahia, A.T., Pavlović, B., Amokrane, S.B., Adli, T., *Deep learning channel estimation for 5G wireless communications*, *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, Vol. 71, No. 4, pp. 911-940, 2023. <https://doi.org/10.5937/vojtehg71-46057> (M52)
- [4] Amokrane, S.B., Laidouni, M.Z., Adli, T., Stanković, M., Madonski, R., *Active disturbance rejection control for unmanned tracked vehicles in leader–follower scenarios: Discrete-time implementation and field test validation*, *Mechatronics*, Vol. 97, No. 2, 2024 <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2023.103114> (M22)
- [5] Laidouni, M.Z., Bondžulić, B., Bujaković, D., Adli, T., Andrić, M., *Multisensor image fusion: Dataset, methods and performance evaluation*, 11<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies – OTEH, Tara, Serbia, October 09-11, Proc. of papers, pp. 319-325, 2024., <https://doi.org/10.5937/OTEH24058Z> (M33)
- [6] Adli, T., Bujaković, D., Bondžulić, B., Laidouni, M.Z., Andrić, M., *Comparative analysis of YOLO algorithms for aircraft detection in remote sensing images*, 11<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies – OTEH, Tara, Serbia, October 09-11, Proc. of papers, pp. 326-331, 2024., <https://doi.org/10.5937/OTEH24059A> (M33)
- [7] Adli, T., Bujaković, D., Bondžulić, B., Laidouni, M.Z., Andrić, M., *A modified YOLOv5 architecture for aircraft detection in remote sensing images*, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, <https://doi.org/10.1007/s12524-024-02033-7> (M23)

Анализом објављених радова кандидата може се закључити да су радови кандидата повезани са применом метода дубоког и машинског учења у различитим областима, а у три рада су ове методе коришћене у детекцији и класификацији циљева на сликама даљинског осматрања.

### 2.3. Закључак о подобности кандидата

Кандидат је положио све испите на докторским студијама и успешно је реализовао садржаје студијског истраживачког рада. До сада је објавио два рада у међународним часописима са SCIE листе, два рада у домаћем часопису, два саопштења на скупу међународног значаја и једно саопштење на скупу националног значаја штампано у изводу. Објављени радови кандидата су везани за област истраживања докторске дисертације.

Комисија сматра да је кандидат подобан за израду докторске дисертације.

### 3. ПРЕДЛОГ МЕНТОРА СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ

Кандидат је предложио да се за ментора докторске дисертације именују пк ванредни професор др Димитрије Бујаковић, дипл. инж. и пк редовни професор др Миленко Андрић, дипл. инж. У пријави докторске дисертације се налази сагласност ових наставника.

Пуковник ванр. проф. др Димитрије Бујаковић, дипл. инж. је кандидату током докторских студија изводио наставу из предмета Одабрана поглавља класификације сигнала, и са њим је кандидат током докторских студија реализовао део садржаја из студијског истраживачког рада. Такође, са наведеним наставником је током докторских студија објавио један рад у међународном часопису са SCIE листе, два саопштења на скупу међународног значаја и једно саопштење на скупу националног значаја штампано у изводу.

Пуковник ванредни професор др Димитрије Бујаковић, дипл. инж. је наставник Универзитета одбране у Београду, а у наставном процесу је ангажован на Војној академији на основним, мастер и докторским студијама. Његове области истраживања су дигитална обрада радарских сигнала и сигнала оптоелектронских сензора, као и пројектовање експертских система за класификацију сигнала. До сада има преко 40 радова у часописима и на скуповима међународног и националног значаја, од којих 12 објављених радова у научним часописима са SCIE листе. Наведени научни радови су до сада цитирани преко 150 пута у другим научним радовима. Рецензирао је радове у научним часописима међународног значаја (*Digital Signal Processing, Applied Science, IEEE Access, Electronics, Journal of Imaging*). Био је члан истраживачких тимова три пројекта реализована на Војној академији и руководилац је једног пројекта који се реализује у периоду 2025-27. године. Налази се на списку ментора докторских академских студија студијског програма Војноелектронско инжењерство Војне академије.

На основу свега претходно наведеног Комисија сматра да је пк ванр. проф. др Димитрије Бујаковић, дипл. инж. подобан за ментора докторске дисертације.

Пуковник ред. проф. др Миленко Андрић, дипл. инж. је кандидату током докторских студија изводио наставу из предмета Фази-логички системи, и са њим је кандидат током докторских студија реализовао део садржаја из студијског истраживачког рада. Такође, са наведеним наставником је током докторских студија објавио један рад у међународном часопису са SCIE листе и два саопштења на скупу међународног значаја.

Пуковник редовни професор Миленко Андрић, дипл. инж. је наставник Универзитета одбране у Београду, а у наставном процесу је ангажован на Војној академији на основним, мастер и докторским студијама. Његове области истраживања су дигитална обрада радарских сигнала и сигнала оптоелектронских сензора, као и пројектовање експертских система за класификацију сигнала. До сада има преко 120 радова у часописима и на скуповима међународног и националног значаја, од којих 22 објављена рада у научним часописима са SCIE листе. Наведени научни радови су до сада цитирани преко 450 пута у другим научним радовима. Рецензирао је радове у научним часописима међународног значаја (*IET Radar, Sonar & Navigation, Radioengineering, Signal Processing, IEEE Access*). Био је члан истраживачких тимова више пројеката реализованих на Војној академији и члан је истраживачког тима једног пројекта који се реализује на Војној академији у периоду 2025-27. година. Налази се на списку ментора докторских студија студијског програма Војноелектронско инжењерство Војне академије.

На основу свега претходно наведеног Комисија сматра да је пк ред. проф. др Миленко Андрић, дипл. инж. подобан за ментора докторске дисертације.

#### 4. УЖЕ НАУЧНЕ ОБЛАСТИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

КОМИСИЈА	УЖА НАУЧНА ОБЛАСТ
пк ванр. проф. др Бобан Бонцулић, дипл. инж.	Телекомуникације (изабран 16.12.2021. године на Војној академији Универзитета одбране у Београду)
ванр. проф. др Вељко Папић, дипл. инж.	Аутоматика (изабран 08.07.2024. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду)
пк ванр. проф. др Слободан Симић, дипл. инж.	Радарски системи (изабран 04.07.2024. године на Војној академији Универзитета одбране у Београду)
пк ред. проф. др Миленко Андрић, дипл. инж.	Сигнали и системи (изабран 13.07.2016. године на Војној академији Универзитета одбране у Београду)
пк ванр. проф. др Димитрије Бујаковић, дипл. инж.	Сигнали и системи (изабран 11.07.2022. године на Војној академији Универзитета одбране у Београду)

#### 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОЗИ КОМИСИЈЕ

На основу претходног Комисија констатује:

- кандидат Адли Тоуати испуњава услове за израду докторске дисертације,
- предложена тема и замисао решавања постављеног проблема у потпуности одговарају нивоу докторске дисертације,
- предложена тема припада пољу техничко-технолошких наука, научној области Електротехничко и рачунарско инжењерство, ужа научна област Сигнали и системи.

Комисија предлаже да се кандидату Адлију Тоуатију, одобри израда докторске дисертације под називом:

**„Детекција и класификација циљева на сликама даљинског осматрања применом алгоритама дубоког учења”**

Комисија предлаже да се за менторе именују пк ванр. проф. др Димитрије Бујаковић, дипл. инж. и пк ред. проф. др Миленко Андрић, дипл. инж.

Београд, 23.12.2024. године.

**КОМИСИЈА:**

пк ванр. проф. др Бобан Бонцулић, дипл. инж.

B. Boncu

ванр. проф. др Вељко Папић, дипл. инж.

V. Papić

пк ванр. проф. др Слободан Симић, дипл. инж.

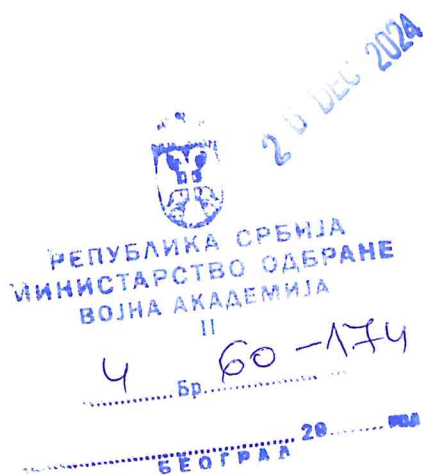
S. Simić

пк ред. проф. др Миленко Андрић, дипл. инж.

M. Andrić

пк ванр. проф. др Димитрије Бујаковић, дипл. инж.

D. Bujaković



**Достављено:**

- Наставно-научном већу Војне академије
- Катедри ВЕИ (е/р),
- Катедри ТиИ (е/р),
- а/а.