

пк ванр. проф. др Бобан Павловић, дипл. инж. - председник
ред. проф. др Владимир Петровић, дипл. инж. - члан
пк ванр. проф. др Иван Тот, дипл. инж. - члан
пк ванр. проф. др Димитрије Бујаковић, дипл. инж. - члан
пк ванр. проф. др Бобан Бонцулић, дипл. инж. - члан (уједно ментор)

Оцена докторске дисертације студента
кпк Ненада Стојановића, маст. инж. електр. и рачунар.
извештај, доставља.-

ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ И ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ

Одлуком Наставно-научног већа Војне академије број 25/48, акт Број 360-285 од 09.10.2025. године, именовани смо у комисију за оцену и одбрану докторске дисертације студента кпк Ненада Стојановића, маст. инж. електр. и рачунар. под називом:

„Детекција једва уочљивих разлика слика са компресијом у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра”

На основу члана 10. став 4. Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације и промоцији доктора наука („СВЛ бр. 36/21”) и члана 13. став 7. Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације („СВЛ бр. 14/22”), а након прегледа достављене дисертације, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о докторанду и докторској дисертацији

1.1. Подаци о докторанду

- **Име и презиме:** Ненад Стојановић
- **Датум и место рођења:** 17.05.1990. године, Смедеревска Паланка, Република Србија
- **e-mail:** nivzvuk@hotmail.com
- **Претходно образовање:**
 - **Основне академске студије:** дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства, Универзитет одбране у Београду, Војна академија, (2013. године). Просечна оцена: одличан (8,55).
 - **Мастер академске студије:** мастер инжењер електротехнике и рачунарства, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет (2016. године). Просечна оцена: одличан (8,83).

- **Професионални статус (занимање/чин):** капетан прве класе, тренутно запослен у Центру за примењену математику и електронику. Од 2020. године је на докторским академским студијама студијског програма Војноелектронско инжењерство Војне академије.

1.2. Подаци о докторској дисертацији

Назив: Детекција једва уочљивих разлика слика са компресијом у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра

Научна област: Електротехничко и рачунарско инжењерство

Ужа научна област: Телекомуникације

Обим: Дисертација има укупно 199 страна, организованих у седам поглавља. Садржи 256 референци, 44 табеле, 105 илустрација и један прилог.

Кључне речи: једва уочљиве разлике; JPEG; BPG; компресија без визуелних губитака; вишеспектралне слике; инфрацрвене слике; обележја слике; база слика; степен компресије.

1.3. Подаци о ментору

- **Име и презиме:** Бобан Бонцулић
- **Звање:** ванредни професор
- **Датум избора у звање:** 16.12.2021. године
- **Ужа научна област:** Телекомуникације
- **Установа запослења:** Универзитет одбране у Београду, Војна академија

2. Предмет и циљ докторске дисертације

Научно истраживање које је спроведено у оквиру докторске дисертације усмерено је на детекцију једва уочљивих разлика слика са компресијом кроз субјективне тестове и објективне методе, у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра. Такође, извршена је упоредна анализа ефикасности два типа компресије, као и тестирање предложене објективне методе за детекцију једва уочљивих разлика на сликама са компресијом у цивилним и војним применама.

Основни циљ овог истраживања био је да се омогући брз и једноставан начин одређивања степена компресије слике коришћењем једноставних обележја изворне слике, тако да крајњи корисник не уочава никакве разлике у односу на некомпримовану слику. Истраживање је спроведено на сликама из два фреквенцијска опсега и три различита модалитета.

Спроведено истраживање омогућава значајну уштеду меморијских и комуникационих ресурса уз очување визуелног квалитета слике и информација које она носи.

3. Основне хипотезе

У пријави теме докторске дисертације наведене су општа и две посебне хипотезе:

Општа хипотеза:

- Објективним методама могуће је поуздано одредити компримовану слику са једва уочљивим разликама у видљивом и инфрацрвеном делу спектра.

Посебне хипотезе:

- Објективним методама могуће је успешно одређивање слике са компресијом са једва уочљивим разликама у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра.

- Ефикасност различитих метода компресије могуће је утврдити међусобним поређењем.

Кроз реализацију истраживања општа и посебне хипотезе су у потпуности потврђене, коришћењем бројних јавно доступних база слика, спровођењем субјективних тестова и применом објективних метода, као и упоредном анализом ефикасности типова компресије кроз неколико сценарија.

4. Кратак опис садржаја докторске дисертације

Дисертација је организована кроз седам поглавља.

- **Поглавље 1 – Увод:** У овом поглављу дат је преглед развоја компресије слике и видеа. Даље је дефинисан појам компресије без губитака визуелних информација и као логичан наставак појмови једва уочљиве разлике (енгл. *Just Noticeable Difference*, JND) и прва JND тачка (JND#1). Дат је кратак осврт на специфичност слика из инфрацрвеног дела електромагнетног спектра. Описана је поставка проблема, а након тога наведени су предмет, циљеви и методе научног истраживања. Додатно је наведена и оправданост истраживања спроведеног у дисертацији.
- **Поглавље 2 – Преглед истраживања једва уочљивих разлика на сликама са компресијом:** У овом поглављу је приказан преглед досадашњих истраживања у детекцији једва уочљивих разлика на сликама са компресијом. Преглед је подељен на три целине. Прва целина се односи на до сада креиране базе слика које разматрају компресију и садрже резултате субјективно одређене JND#1. Друга целина се односи на методе субјективне евалуације и степен стандардизације истих. Трећа целина се односи на објективне методе којима се врши предикција JND#1, односно достизање максималног степена компресије без губитака визуелних информација.
- **Поглавље 3 – База слика за детекцију једва уочљивих разлика код компримованих слика:** На почетку поглавља дат је пример компримованих слика са једва уочљивим разликама (JND#1) и слика где су те разлике очигледне. Дат је детаљан опис новокреиране базе слика, назване JND-MID-MA (*Just Noticeable Difference – Multispectral Image Dataset – Military Academy*), као и опис спроведених субјективних тестова. За потребе спровођења субјективног тестирања наменски је креирана апликација. Извршена је анализа прикупљених резултата. На основу добијених резултата извршено је одбацивање резултата непоузданих посматрача. Коначни резултати су приказани кроз илустрације и статистичке показатеље. Закључено је да је поузданост прикупљених резултата на високом нивоу.
- **Поглавље 4 – Једноставна обележја слике у предикцији једва уочљивих разлика:** У овом поглављу су представљени најзначајнији доприноси дисертације. На почетку поглавља описана су обележја слике коришћена у детекцији једва уочљивих разлика на сликама са компресијом. Предложена метода је детаљно тестирана на креираној бази слика JND-MID-MA у сва три модалитета. Резултати су приказани кроз одговарајуће нумеричке вредности, илустрације и примере. Ефикасност предложене методе тестирана је и на другим јавно доступним базама слика уз упоредну анализу са другим објективним методама за предикцију JND#1. Додатно је извршена детаљна анализа могућности примене степена компресије (означеног са $CR_{feature}$) у детекцији JND#1 код слика у боји и инфрацрвеним сликама уз одговарајуће модификације.

Предложена је метода за одређивање JPEG JND#1 на основу познате BPG JND#1 и обрнуто, уз високу поузданост, што може значајно скратити време потребно за спровођење субјективних тестова. Након детекције JND#1 кроз вредности објективног квалитета слике, а у циљу смањења броја компресија и декомпресија при одређивању вредности параметра који контролише компресију, предложена је метода где би се одредио параметар који контролише компресију кроз две или евентуално три компресије/декомпресије (корака). Резултати показују висок степен слагања предложене методе са субјективним детекцијама, у рангу са другим објективним методама базираним на дубоком и машинском учењу. Предложена метода је показала универзалност на великом броју база слика и на три тестирана модалитета. Модификацијом примене обележја $CR_{feature}$ показано је побољшање ефикасности у предикцији JND#1.

- **Поглавље 5 – Анализа ефикасности метода компресије:** У овом поглављу је извршена упоредна анализа ефикасности JPEG и BPG типова компресије са становишта JND#1 кроз неколико сценарија. Поређење је извршено кроз потребан број бита за репрезентацију пиксела и кроз објективни квалитет коришћењем неколико метода за објективну процену квалитета слике, у случајевима када су референтне субјективно одређене JPEG JND#1 и када су референтне субјективно одређене BPG JND#1. У свим сценаријима је BPG компресија показала супериорност у односу на JPEG, осим на неколико спорадичних случајева за појединачне слике. На крају је извршено и поређење компримованих слика у складу са субјективно одређеним JND#1 (компресија без губитка визуелних информација) у односу на методе компресије без губитака. Резултати су показали знатно већу ефикасност компресије метода без визуелних губитака.
- **Поглавље 6 – Примена компресије без визуелних губитака код детекције циљева на слици:** У овом поглављу је извршена провера могућности примене предложене објективне методе за детекцију JND#1 приликом детекције војних циљева на сликама са компресијом. Тестирање је извршено коришћењем наменске, јавно доступне базе слика са војним циљевима и широко прихваћених метода за детекцију циљева на слици. Тестирање је извршено на оригиналним сликама и на сликама са компресијом, где је примењена и метода представљена у поглављу четири. Утврђено је да се резултати успешне детекције циљева на оригиналним и JND#1 компримованим сликама не разликују у значајној мери код метода са високом поузданошћу детекције циљева. На тај начин је показано да се такви подаци уз примену компресије могу значајно брже пренети уз задржавање свих неопходних информација за правовремено доношење одлуке, што је од највеће важности у командовању.
- **Поглавље 7 – Закључак:** У поглављу су сумирани кључни резултати и научни доприноси докторске дисертације, и дати предлози будућих праваца истраживања.

5. Остварени резултати и научни допринос докторске дисертације

Докторанд капетан прве класе Ненад Стојановић, маг. инж. електр. и рачунар. је у својој дисертацији остварио значајне резултате у области детекције једва уочљивих разлика на сликама са компресијом, који се могу мерити кроз следеће научне доприносе:

- За потребе спровођења истраживања у дисертацији креирана је одговарајућа база слика. База се састоји од слика из два дела електромагнетног спектра и названа је JND-MID-MA. У видљивом делу спектра коришћене су слике у боји и монохроматске слике. Подскуп слика из инфрацрвеног опсега је овде први пут представљен, што је закључено након детаљног прегледа доступне литературе. На креираној бази слика спроведено је прикупљање субјективних мишљења о једва уочљивим разликама, која су саставни део креиране базе. Субјективни тестови су спроведени у лабораторијским условима. Поред тога што су инфрацрвене слике први пут представљене кроз базу слика за потребе проучавања једва уочљивих разлика на сликама са компресијом, такође је први пут представљена база чије су слике из вишеспектралног домена просторно усаглашене, што омогућава компаративну анализу. Све слике из креиране базе су из реалног, спољашњег окружења.
- Развијена је метода за предикцију прага једва уочљивих разлика на сликама са компресијом, заснована на израчунавању неког од једноставних обележја оригиналне слике. Извршено је тестирање 24 таква обележја. Предикција JND#1 је вршена кроз вредности параметара који контролишу компресију, објективног PSNR квалитета и броја бита по пикселу. Показано је да резултати добијени предикцијом вредности параметара који контролишу компресију нису у високој корелацији са субјективним мишљењима, па је тако сва пажња усмерена на преостале две предикције. На подскупу слика са JPEG компресијом, виши степен слагања са субјективним резултатима је добијен кроз предикцију вредности PSNR, док је на подскупу слика са BPG компресијом то случај за предикцију вредности броја бита по пикселу. Тако су за JPEG слике постигнуте вредности линеарне корелације са субјективно одређеним JND#1 од 97% за слике у боји, 95% за монохроматске слике и 94% за инфрацрвене слике. Максималне вредности линеарне корелације између предикција и субјективно одређених JND#1 код BPG подскупа слика су за слике у боји 93%, за монохроматске слике 97% и за инфрацрвене слике око 93%. Кроз адекватне примере и дефинисане оптималне законе пресликавања показана је ефикасност предложене методе за предикцију JND#1. Као најбоља издвојила су се обележја просторна фреквенција и степен компресије која су показала високе перформансе и на другим базама слика.
- Спроведени субјективни тестови на бази JND-MID-MA показали су да постоји висок степен слагања између JPEG JND#1 и BPG JND#1 кроз вредности бита по пикселу, степена компресије и мера за објективну процену квалитета слике. Захваљујући томе, на основу позиције JND#1 једног типа, поуздано се може одредити позиција JND#1 другог типа компресије, што би обезбедило двоструко мање времена за спровођење субјективних тестова, као и брзо одређивање ефикаснијег типа компресије на некој слици или читавом скупу слика. Откривени однос може да помогне код бржег спровођења субјективних тестова, где би се почетна тачка позиције JND#1 могла поставити на основу предикција добијених на основу познатих резултата JND тестова на истим сликама другог типа компресије. Очекивано је да би субјективно одређене позиције JND#1 тада биле прецизније.
- Детаљном упоредном анализом два метода компресије утврђена је већа ефикасност BPG типа компресије у односу на JPEG. Анализа је спроведена кроз неколико сценарија са аспекта субјективно одређених JND#1. Анализа је извршена према потребном броју бита за репрезентацију пиксела, степену компресије и објективном

квалитету. Такође је извршена анализа фиксирањем вредности броја бита по пикселу и израчунавањем објективног квалитета слике, као и фиксирањем објективног квалитета, а израчунавањем броја бита по пикселу. Кроз све анализе је BPG компресија била доминантна. Показано је да се ефикасност достигнуте компресије поређењем различитих метода разликује у зависности од тога да ли се анализира број бита по пикселу или степен компресије као однос величине оригиналне и компримоване слике. Највећи степен компресије постиже се за случај инфрацрвених слика, а најмањи када су у питању слике у нијансама сиве. Такође, показана је значајна разлика у ефикасности компресије без визуелних губитака, у односу на три типа компресије без губитака. Детаљном анализом се дошло до закључка да се значајно већи степен компресије постиже за слике са мањом сложености, у складу са израчунатим обележјима која на то указују. Избор кодера за компресију зависи значајно од садржаја и сложености слике, као и од њене примене.

- У дисертацији је извршено и истраживање утицаја JPEG компресије на детекцију циљева на слици, са аспекта прага једва уочљивих разлика. Детекција циља је вршена кроз разматрање сличности циља и позадине. Показано је да компресија извршена до тачке једва уочљивих разлика не утиче значајно на сличност између циља и позадине, те се стога очекује да неће утицати ни на људску детекцију циљева на таквој слици. Објективне мере процене квалитета као клатер метрике достигле су степен слагања са резултатима субјективних тестова кроз линеарну корелацију од 90%, док је предложена метода кроз мерење сличности на компримованим сликама достигла линеарну корелацију од 89%, те се може рећи да су разлике у детекцији минималне.

Научни доприноси докторске дисертације су оригинални и огледају се у креирању базе слика за детекцију JND#1 уз спровођење субјективних тестова у циљу прикупљања информација о позицији JND#1 компримованих слика, предлогу модела за предикцију позиције JND#1 коришћењем једноставних обележја слике, нарочито када су у питању слике из инфрацрвеног домена, оправданост истраживања кроз практичну примену у детекцији циљева на сликама са компресијом и потврђивањем ефикасности кодера за компресију кроз неколико различитих сценарија за слике различитих модалитета.

6. Објављени и саопштени научни резултати који чине саставни део докторске дисертације

Резултати проистекли током израде докторске дисертације, и који чине њен саставни део, објављени су у међународним часописима (један рад у водећем међународном часопису категорије M21a+, један рад у водећем међународном часопису категорије M21a и четири рада у водећим међународним часописима категорије M21), домаћим часописима (два рада у водећем часопису националног значаја категорије M51) и у зборницима радова два међународна скупа и два домаћа скупа:

1. N. Stojanović, B. Bondžulić, V. Lukin, D. Bujaković, S. Kryvenko and O. Ieremeiev, "Compression Ratio as Picture-Wise Just Noticeable Difference Predictor." *Mathematics*, vol. 13, no. 9, art. no. 1445, 2025, doi: [10.3390/math13091445](https://doi.org/10.3390/math13091445) (рад у водећем међународном часопису категорије M21a+)

IF2 2024 = 2.2; IF5 2024 = 2.0; JCI 2024 = 2.07

2. B. Bondžulić, N. **Stojanović**, V. Lukin, S. Stankevich, D. Bujaković and S. Kryvenko, "Target Acquisition Performance in the Presence of JPEG Image Compression." *Defence Technology*, vol. 33, pp. 30-41, 2024, doi: [10.1016/j.dt.2023.12.006](https://doi.org/10.1016/j.dt.2023.12.006) (рад у водећем међународном часопису категорије **M21a**)
IF2 2024 = 5.9; IF5 2024 = 5.6; JCI 2024 = 1.92
3. B. Bondžulić, N. **Stojanović**, V. Petrović, B. Pavlović and Z. Miličević, "Efficient Prediction of the First Just Noticeable Difference Point for JPEG Compressed Images." *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 18, no. 8, pp. 201-220, 2021, doi: [10.12700/APH.18.8.2021.8.11](https://doi.org/10.12700/APH.18.8.2021.8.11) (рад у водећем међународном часопису категорије **M21**)
IF2 2024 = 1.711; IF5 2024 = 1.441; JCI 2024 = 0.85
4. B. Bondžulić, B. Pavlović, N. **Stojanović**, V. Petrović and D. Bujaković, "A simple and reliable approach to providing a visually lossless image compression." *Visual Computer*, vol. 40, pp. 3747–3763, 2024, doi: [10.1007/s00371-023-03062-y](https://doi.org/10.1007/s00371-023-03062-y) (рад у водећем међународном часопису категорије **M21**)
IF2 2024 = 2.9; IF5 2024 = 2.9; JCI 2024 = 0.83
5. B. Bondžulić, N. **Stojanović**, V. Lukin and S. Kryvenko, "Visually lossless image compression: From JPEG to BPG and vice versa." *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 32, pp. 2942-2946, 2025, doi: [10.1109/LSP.2025.3587601](https://doi.org/10.1109/LSP.2025.3587601) (рад у водећем међународном часопису категорије **M21**)
IF2 2024 = 3.9; IF5 2024 = 3.9; JCI 2024 = 0.87
6. N. **Stojanović**, B. Bondžulić and B. Pavlović, "Picture-wise just noticeable difference for JPEG and BPG compressed infrared images." *Infrared Physics and Technology*, vol. 152, art. no. 106237, 2026, doi: [10.1016/j.infrared.2025.106237](https://doi.org/10.1016/j.infrared.2025.106237) (рад у водећем међународном часопису категорије **M21**)
IF2 2024 = 3.4; IF5 2024 = 3.4; JCI 2024 = 0.83
7. B. Bondžulić, B. Pavlović, N. **Stojanović** and V. Petrović, "Picture-Wise just Noticeable Difference Model for JPEG Image Quality Assessment." *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, vol. 70, no. 1, pp. 62-86, 2022, doi: [10.5937/vojtehg70-34739](https://doi.org/10.5937/vojtehg70-34739) (рад у водећем часопису националног значaja, категорија **M51**)
8. B. Bondžulić B., N. **Stojanović**, V. Lukin and S. Kryvenko, "JPEG and BPG visually lossless image compression via KonJND-1k database." *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, vol. 72, no. 3, pp. 1214-1241, 2024, doi: [10.5937/vojtehg72-50300](https://doi.org/10.5937/vojtehg72-50300) (рад у водећем часопису националног значaja, категорија **M51**)
9. N. **Stojanović**, B. Bondžulić, B. Pavlović, V. Petrović and O. Zelmati, "Just Noticeable Difference Prediction and Image Quality Assessment." In *Proceedings of the Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, pp. 234-238, Novi Sad, Serbia, May 25-26, 2022, doi: [10.1109/ZINC55034.2022.9840625](https://doi.org/10.1109/ZINC55034.2022.9840625) (саопштење са међународног скупа штампано у целини, категорија **M33**)
10. B. Pavlović, B. Bondžulić and N. **Stojanović**, V. Petrović and D. Bujaković, "Prediction of the First Just Noticeable Difference Point based on Simple Image Features." *Proceedings of the Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, pp. 125-130, Novi Sad, Serbia, May 29-31, 2023, doi: [10.1109/ZINC58345.2023.10173865](https://doi.org/10.1109/ZINC58345.2023.10173865) (саопштење са међународног скупа штампано у целини, категорија **M33**)
11. N. **Stojanović**, B. Bondžulić i B. Pavlović, "Detekcija jedva uočljivih razlika na slikama sa kompresijom u infracrvenom delu elektromagnetnog spektra." *XLII Simpozijum o novim*

tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, PosTel 2024, Zbornik radova, str. 175-184, Beograd, Srbija, 26-27.11.2024, doi: [10.37528/FTTE/9788673954899/POSTEL.2024.18](https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954899/POSTEL.2024.18) (предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини, категорија M61)

12. B. Bondžulić i N. Stojanović, "Primena praga jedva uočljivih razlika u objektivnoj proceni kvaliteta JPEG komprimovanih slika." *XLI Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, PosTel 2023, Zbornik radova, str. 143-152, Beograd, Srbija, 28-29.11.2023. doi: [10.37528/FTTE/9788673954752/POSTEL.2023.014](https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954752/POSTEL.2023.014) (саопштење са скупа националног значаја штампано у целини, категорија M63)*

Радови на редним бројевима 1, 2, 5 и 6 објављени су у часописима SCI листе након давања сагласности Сената за израду докторске дисертације.

Додатно, креирана база слика за потребе израде докторске дисертације која у себи садржи и резултате субјективно одређених позиција JND#1 у три различита модалитета, је истраживачкој заједници учињена доступном на *Mendeley Data* репозиторијуму кроз три подскупа слика:

1. N. Stojanović and B. Bondžulić, "JND-TV image dataset." *Mendeley Data, V1, 2024, doi: [10.17632/537w5jhb7s.1](https://doi.org/10.17632/537w5jhb7s.1)*
2. N. Stojanović and B. Bondžulić, "JND-GR image dataset." *Mendeley Data, V1, 2024, doi: [10.17632/vzzgr62brk.1](https://doi.org/10.17632/vzzgr62brk.1)*
3. N. Stojanović and B. Bondžulić, "JND-IR image dataset." *Mendeley Data, V1, 2024, doi: [10.17632/x79wx5fz6b.1](https://doi.org/10.17632/x79wx5fz6b.1)*

Објављени резултати у међународним и домаћим часописима и на међународним и домаћим конференцијама представљају конкретну потврду квалитета докторске дисертације.

7. Подаци о извршеној провери на плагијаризам

Провера на плагијаризам је извршена коришћењем лиценцираног софтвера *iThenticate*. Израђени Технички извештај о провери на плагијаризам (акт РУО, И бр. 18-223 од 14.08.2025. године) обезбедио је неопходне информације ради утврђивања да ли је докторска дисертација оригинална и у којој мери, да ли представља рад докторанда, да ли су и у којој мери испоштована академска правила цитирања, навођења извора и слично.

Приликом предметне провере, утврђено је да се 0,53% текста (390 од 73117 речи) докторске дисертације „Детекција једва уочљивих разлика слика са компресијом у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра” студента капетана прве класе Ненада Стојановића подудара са његовим претходно публикованим радом у коме су представљени резултати истраживања проистекли током израде дисертације. Наведена публикација је наведена кроз попис литературе у дисертацији и представља научни рад докторанда. Поред тога, већина подударања текста је настала због коришћења стандардних термина и назива коришћених база познатих у истраживачкој заједници, подударања квантитативних резултата и подударања назива коришћених референци.

Анализом Техничког извештаја о провери на плагијаризам и провером утврђених подударања текста докторске дисертације под називом „Детекција једва уочљивих разлика слика са компресијом у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра” студента

капетана прве класе Ненада Стојановића, маг. инж. електр. и рачунар. утврђено је да је докторска дисертација оригинална, да представља резултат научног рада докторанда и да су у потпуности испоштована академска правила цитирања и навођења извора.

8. Закључак са детаљним образложењем научног доприноса докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Ненада Стојановића, под насловом „Детекција једва уочљивих разлика слика са компресијом у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра” представља оригиналан и целовит научноистраживачки рад који даје значајан допринос научној области електротехничког и рачунарског инжењерства, специфично у домену компресије слике без губитака визуелних информација.

У докторској дисертацији је разматрана компресија слике без губитака визуелних информација, односно одређивање прага једва уочљивих разлика слика са компресијом, кроз субјективне тестове и објективне методе, у два фреквенцијска опсега и три различита модалитета. Предложеном објективном методом, која се заснива на једноставним обележјима слике, на брз и поуздан начин може се одредити граница до које се може компримовати слика, а да не дође до уочљивих деградација услед компресије.

Први допринос дисертације је креирање базе слика са резултатима субјективних детекција једва уочљивих разлика. База садржи просторно усаглашене слике исте сцене у три различита модалитета и два фреквенцијска опсега. Такође, база садржи слике компримоване JPEG и BPG типовима компресије. База је начињена јавно доступном што пружа могућност истраживачима широм света да је користе у проучавању компресије без губитака визуелних информација и развој модела за детекцију прага JND.

Други допринос дисертације је развој методе за предикцију прага JND на основу једноставних обележја оригиналне слике. За ову методу неопходно је постојање адекватне базе слика, на основу које се дефинише закон пресликавања, који се даље користи у предикцији. Метода је тестирана на креираној бази слика и на још неколико јавно доступних база. Показано је да је коришћењем једноставних обележја могућа поуздана предикција прага JND (степен слагања са субјективним резултатима је преко 90% код свих тестираних база слика које садрже JPEG и BPG компримоване слике). Такође, показано је да примена предложене методе компресије без губитака визуелних информација не утиче на поузданост детекције циљева у односу на детекцију на оригиналним сликама.

Трећи допринос дисертације односи се на предлог методе за одређивање JND прага JPEG компримованих слика на основу познатог JND прага BPG компримованих слика и обрнуто. Допринос се огледа у томе да би се тиме значајно смањило време неопходно за спровођење субјективних тестова. Очекује се да би се применом предложене методе могла одредити позиција прве JND тачке са већом прецизношћу.

Четврти допринос дисертације огледа се у детаљној анализи ефикасности два типа компресије. Анализа је спроведена разматрањем потребних меморијских ресурса након компресије и очувања квалитета компримоване слике коришћењем метрика за објективну процену квалитета слике. Показана је ефикасност BPG кодера у односу на JPEG кодер кроз све разматране анализе. Такође је показана значајно већа ефикасност метода компресије без губитака визуелних информација у односу на методе компресије без губитака информација.

Дисертација је написана систематично, јасно и терминолошки прецизно. Методологија истраживања је адекватно постављена, а резултати су уверљиво представљени и критички анализирани. Закључци су утемељени на спроведеним експериментима и демонстрирани у реалној примени. Резултати истраживања из ове докторске дисертације су јавно публиковани у истакнутим међународним и домаћим часописима и зборницима међународних и домаћих скупова, што потврђује њихов научни квалитет и значај.

Комисија закључује да је докторска дисертација урађена у складу са одобреном пријавом теме докторске дисертације (Одлука Сената УО, број 12/143 од 17.01.2024. године; акт Број 23-17 од 19.01.2024. године), да представља оригинално и самостално научно дело и да су се стекли услови за њену одбрану. Сходно томе, Комисија предлаже Већу техничко-технолошких и природно-математичких наука Војне академије Универзитета одбране у Београду да докторску дисертацију под насловом „Детекција једва уочљивих разлика слика са компресијом у видљивом и инфрацрвеном делу електромагнетног спектра” кандидата кпк Ненада Стојановића, маг. инж. електр. и рачунар. стави на увид јавности и након тога прихвати.

Не постоје оправдани разлози за ограничавање јавног увида у садржај докторске дисертације нити за ограничавање присуства одбрани докторске дисертације.

У Београду, 18.11.2025. године.

КОМИСИЈА:

пк ванр. проф. др Бобан Павловић, дипл. инж. - председник

ред. проф. др Владимир Петровић, дипл. инж. - члан

пк ванр. проф. др Иван Тот, дипл. инж. - члан

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

пк ванр. проф. др Бобан Бонцулић, дипл. инж. - члан (уједно ментор)

Достављено:

- Већу за ТТиПМН Војне академије,
- Наставно-научном већу ВА (е/р, н/з),
- Департману за ТТиПМН (е/р, н/з),
- Катедри ТиИ (е/р),
- Катедри ВЕИ (е/р),
- а/а.