

## НАЗИВ ФАКУЛТЕТА: ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

мр Радета Павловића

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>	
1.	Датум и орган који је именовео комисију 05.11.2020. год., решење Декана Факултета техничких наука у Новом Саду о именовану комисије за оцену и одбрану докторске дисертације број 012-72/30-2015.
2.	Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: <ul style="list-style-type: none"> <li>• др Др Татјана Лончар-Турукало, ванредни проф, у.н.о: Телекомуникације и обрада сигнала 26.04.2017. год., Универзитет у Новом Саду, ФТН Нови Сад, председник комисије</li> <li>• др Вељко Папић, ванредни професор, Аутоматика, 01.11.2019. год., Универзитет у Београду, Електротехнички факултет Београд, члан</li> <li>• др Срђан Сладојевић, ванредни професор, информационо комуникациони системи, 29.06.2019. год., Универзитет у Новом Саду, ФТН Нови Сад, члан</li> <li>• др Иван Покрајац, доцент, Војноелектронски системи, 31.03.2016. год., Војнотехнички Институт, Београд, члан</li> <li>• др Владимир Петровић, редовни професор, комуникационе технологије и обрада сигнала, 01.10.2020. год., Универзитет у Новом Саду, ФТН Нови Сад, ментор</li> </ul>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>	
1.	Име, име једног родитеља, презиме: Раде (Мирко) Павловић
2.	Датум рођења, општина, држава: 13.10.1977. године, Владимирци, Република Србија
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Универзитет у Београду, Електротехнички факултет у Београду, Ваздухопловна електроника и телекомуникације, дипломирани инжењер електротехнике
4.	Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Електротехнички факултет у Београду, „Нова мера за процену успешности сједињавања телевизијске и термовизијске видео секвенце“, Дигитална обрада слике, 27.12.2008. године
5.	Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Дигитална обрада слике
6.	Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2015, Електроника, енергетика и телекомуникације - ПО СТАРОМ ПРОГРАМУ
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>	
КОЛОР И ДИНАМИЧКО СЈЕДИЊАВАЊЕ ВИЗУЕЛНИХ СИГНАЛА	

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација кандидата мр Радета Павловића под називом „Колор и динамичко сједињавање визуелних сигнала“ састоји се из осам поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Видео сједињавање у реалном времену
4. Процена успешности сједињавања видео секвенци
5. Колор сједињавање слика у реалном времену
6. Процена успешности колор сједињавања слика
7. Шум у сједињавању видео сигнала
8. Закључак
9. Литература

Дисертација је изложена на 253 страна А4 формата и садржи 21 табелу, 220 слике и 201 цитат. Након насловне стране стоји захвалница, иза које следе садржај, списак слика, списак табела, скраћенице и поменутих девет поглавља.

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Брзим развојем сензорске технологије, системи који се у осматрању своје околине ослањају на сензоре (ваздухоплови, сателити, медицински уређаји, средства наоружања и војне опреме) пројектују се користећи мултисензорска поља, која покривају све већи део електромагнетног спектра. Основни циљ истраживања у области сједињавања слике и видеа добијених са више сензора је развој метода које производе сигнале који превазилазе ограничења појединачних сензора, комбинујући изворне слике и видео секвенце у композитне слике или видео секвенце.

Предмет истраживања представљеног у овој тези је развој алгоритама за сједињавање мултисензорских видео секвенци, сједињавање колор слика и видеа као и мера за процену успешности сједињавања у ова три контекста. Као идеалан резултат узет је сједињени сигнал који садржи све информације из улазних сигнала, а у случајевима кад долази до просторног преклапања различитих информација као идеалан случај узето је одржање контрастно (видно) најзначајнијих информација на свакој локацији приказане сцене. Овај приступ преузет је и приликом пројектовања мера за процену успешности процеса сједињавања обзиром да није могуће направити идеално сједињену слику са којом је могуће упоредити добијени резултат. Од објективних мера се очекује да буду у складу са субјективном проценама успешности независних посматрача сакупљеним кроз субјективне тестове.

Приликом развоја ових алгоритама вођено је рачуна да буду задовољени критеријуми брзине извршења алгоритама и њихова поузданост. Посебна пажња обрађена је и на ситуацију у којој је квалитет улазног сигнала нарушен значајном количином шума који се одражава на успешност сједињавања и квалитет резултирајућих сједињених сигнала.

Широк спектар истраживања у домену мултисензорског сједињавања представљен је кроз опсежан преглед литературе у другом поглављу дисертације. Анализирани су најважнији аспекти процеса сједињавања како обичних слика тако и покретних слика (мултисензорског видеа). Досадашњи рад на технологији сједињавања сигнала слике и видеа анализиран је у два специфична контекста: монохроматског сједињавања и сједињавања у присуству боје, с тим да сједињавање у присуству боје даље може бити сједињавање са генерисањем вештачки обојеног сједињеног сигнала и сједињавање које користи улазни снимак са реалном бојом. Обрађен је и досадашњи допринос у објективним мерама процене успешности сједињавања у последњих 20 година колико постоји ово поље науке. Преглед најважнијих мера за објективну евалуацију сједињавања такође је дат је по неколико критеријума: мере процене сједињавања слика, сједињавања видеа и у оба контекста монохроматског и сједињавања у боји коришћењем колор модела.

У трећем делу дисертације представљена је робусна, рачунски ефикасна метода за сједињавање видео секвенци која је способна за рад у реалном времену. Метода је заснована

на мултивеличинској анализи слике путем разлагања у Лапласову пирамиду неколико видео кадрова редом како би се избегли проблеми са треперењем, осцилацијама у сједињеном видео сигналу који настају сједињавањем сваког кадра понаособ и постигла временска стабилност излаза. Конкретно, уместо конвенционалних некаузалних приступа, овде је временска стабилност постигнута са минималним кашњењем од једног кадра у процесу сједињавања. Сједињавање разложених пирамида централног кадра постигнуто је иновативним приступом мерења локалне енергије сигнала преко 3 суседна кадра. Резултати мерени субјективним и објективним мерама успешности сједињавања показују да развијени алгоритми дају боље резултате него постојећи и при томе погодни су за рад у реалном времену.

У четвртом поглављу предложена је објективна мера за процену успешности сједињавања и квалитета сједињеног видео сигнала. Конкретно, анализирана су два различита приступа евалуацији процеса сједињавања: анализа просторно-временске фреквенције и временско-просторна градијентна мера. Ова друга развијена је из просторног модела мерења структурних сличности у сликама, али осим очувања амплитуда и оријентација градијента на нивоу кадрова (просторном нивоу), посматра се и очување амплитуда временског градијента. Разлике параметара градијента преликане су у локалне процене квалитета коришћењем биолошки инспирисаних модела. Интеграцијом (усредњавањем) локалних процена квалитета изводи се глобални скор успешности сједињавања који је у опсегу од нула (лоше) до један (идеално сједињавање).

Прецизност представљених мера тестирана је на резултатима субјективних тестова који су такође спроведени у оквиру истраживања везаних за тезу. Тестови су рађени на екстензивним скуповима мултисензорских видеа у контексту безбедносног осматрања укључујући материјал снимљен током истраживања везаног за тезу. Предложена временско-просторна градијентна мера је постигла најбоље слагање са налазима субјективних тестова како по способности рангирања различитих сједињених секвенци по успешности тако и линеарности слагања субјективних и објективних резултата.

Алгоритми за колор сједињавање слика представљени су у петом поглављу тезе и покривају две значајно различите примене сједињавања: сједињавање у боји и монохроматске у сједињену слику реалне боје и сједињавање монохроматских мултисензорских слика у сједињену слику лажне (псеудо) боје. У оба случаја циљ је био исти, да се корисне информације из додатних канала на постојан начин кодирају бојом у сједињеној слици у боји и то конкретно да се топли објекти из инфра-црвених слика кодирају црвеном, топлим бојом у сједињеној слици. За први приступ као најбоља, представљена је побољшана бета метода која кодира и  $\beta$  канал сједињене слике у  $L\alpha\beta$  простору боје и канал интензитета слике у боји инфрацрвеном сликом. Ова метода остварује оптималан компромис између успешности приказа свих улазних информација, природности сједињене слике и рачунске комплексности.

У другом делу петог поглавља представљена је једноставна метода за сједињавање монохроматских слика у колор слику кодирањем HSV простора боје различитим улазним каналима. Резултати оба приступа евалуирани су у оквиру субјективних тестова који су идентификовали предложене методе као најбоље начине представљања мултисензорских информација сједињеним сликама у боји.

У шестом поглављу тема је објективна евалуација успешности сједињавања мултисензорских слика у боји. Представљена су два алгоритма који евалуирају сједињавање колор слика у видљивом и монохроматских слика у инфрацрвеном спектру. Обе методе засноване су на мерењу очувања градијента присутног у улазним сликама у сједињеној слици. Прва мера мери очување градијента у RGB простору примењујући монохроматски један модел структурне сличности на сваки канал понаособ. Ефикаснија CQ метода раздваја пренос структурних и информација о боји између слика укључених у процес сједињавања користећи HSV простор боје. Обе мере су упоређене са резултатима субјективних тестова спроведених у оквиру истраживања и показују завидан ниво слагања, корелације рангова преко 70%.

Седмо поглавље тезе бави се шумом који се јавља у снимцима реалних система и предложени су начини за његово пригушење у самом процесу сједињавања. Предложене су мере за процену сједињавања реалних информација из сцене у присуству шума које превазилазе класичне приступе процени успешности сједињавања које шум третирају као реалан сигнал. Предложена метода је употребљена да евалуира приступе сједињавању у

присуству шума и нађено је да је аритметичко сједињавање најефикасније у присуству значајног нивоа шума, као и да је примена сузбијања шума ефикаснија пре процеса сједињавања него после.

Теза је закључена у осмом поглављу рекапитулацијом најзначајнијих налаза из претходних поглавља и предлогом за даљи рада у овој области. Литература садржи 201 библиографски навод, који су прегледно систематизовани. Обимна је, савремена и правилно одабрана према захтевима теме која се разматра.

У складу са предметом истраживања наведеним у пријави теме: (1) извршено је прикупљање доступних база мултисензорских слика и видео секвенци, (2) развијене су методе за сједињавање слика, видео секвенци и мере за објективну процену успешности сједињавања, (3) формирана је база оригиналних, шумом искварених и сједињених видео секвенци и спроведени су субјективни тестови за оцењивање њиховог квалитета, (4) извршено је поређење резултата добијених помоћу субјективних тестова и објективних мера за процену успешности сједињавања.

Алгоритми сједињавања као и алгоритми објективне процене успешности сједињавања и пратећи софтвер развијени су у програмском пакету Matlab<sup>®</sup>. Алгоритми сједињавања и објективне процене успешности сједињавања других аутора, са којима је вршено поређење алгоритама и предложених мера, преузимани су у изворном облику.

За одређивање успешности предложених мера, тј. поређење субјективних и објективних скорова успешности сједињавања, коришћени су критеријуми који су прихваћене од стране ITU (коэффициент корелације и корелација рангова).

## **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

### Радови објављени у часописима међународног значаја (са ISI листе)

1. Pavlović R., Petrović V., Rolling 3D Laplacian Pyramid Video Fusion, Electronics 2019, 8(4), 447; <https://doi.org/10.3390/electronics8040447> (M22)

### Радови објављени у зборницима међународних научних скупова (M33)

1. Petrović V., Cootes T., Pavlović R., Dynamic Image Fusion Performance Evaluation, Proceedings of 10th International Conference on Information Fusion 2007, pp.1-7 (M33)
2. Pavlović, R., Petrović, V., Bondžulić, B., Fusion of Colour and Monochromatic Images with Chromacity Preservation, 15th International Conference on Information Fusion, Raffles City Convention Centre, Singapore, 9-12 July, 2012. (On page(s): 1963-1969, E-ISBN : 978-0-9824438-4-2, Print ISBN: 978-1-4673-0417-7) (M33)
3. Petrović, V., Bondžulić, B., Pavlović, R., Study of Objective Evaluation of Natural Colour Image Fusion, 15th International Conference on Information Fusion, Raffles City Convention Centre, Singapore, 9-12 July, 2012. (On page(s): 2523-2530, E-ISBN : 978-0-9824438-4-2, Print ISBN: 978-1-4673-0417-7) (M33)
4. Pavlovic, R., Petrovic, V., Multisensor Colour Image Fusion for Night Vision,
5. Sensor Signal Processing for Defense (SSPD 2012) Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 5 (M33)
6. Pavlović R., Petrović V., Fusion of Colour and Monochromatic Images with Encoding of Monochrome Structure, OTEH 2012, Belgrade 18-19. September 2016 (M33)
7. Pavlović R., Petrović V., Pokrajac I., Vračar M., Real-time Colour Image Fusion with Encoding Thermal Information, NATO SET/IST-126 Symposium, Norfolk, 04-05 May 2015 (M33)
8. Vračar M., Pokrajac I., Pavlović R., Extraction of river ship's air gunfire data from hydroacoustic noise of the river by gunfire function, NATO SET/IST-126 Symposium, Norfolk, 04-05 May 2015 (M33)
9. Tomić Lj., Dikić G., Bondžulić B., Milanović B., Pavlović R., Aluminium tiles defects detection by employing pulsed thermography method with different thermal cameras, OTEH 2016, Belgrade 06-07. October 2016 (M33)

10. Pavlović R., Vlahović N., Petrović V., Comparative analysis of feature descriptor algorithms in multisensors systems, IcETAN 2018, Palić, 11-14. Jun 2018. Godine (M33)
11. Pavlović R., Vlahović N., UAV tracking on fused thermal and color image, OTEH 2018, Belgrade 11-12. October 2018 (M33).

Радови објављени у часописима националног значаја (M50)

1. Pavlović R., Petrović V., Sjedinjavanje kolor i monohromatskih slika uz isticanje ivica, Vojnotehnički glasnik, 3/2013 (M53)
2. Pavlović R., Petrović V., Objective Evaluation and Suppressing Effects of Noise in Dynamic Image Fusion, Scientific Technical Review, 01/2014 (M51)

Радови објављени у зборницима националних конференција (M63)

1. Pavlović R., Sjedinjavanje televizijske i termovizijske slike iste scene, YU INFO 2007, Kopaonik, 11-14. mart 2007.
2. Pavlović R., Objektivne mere za procenu sjedinjavanja slika, YU INFO 2008, Kopaonik, 09-12. mart 2008.
3. Pavlović R., Petrović V., Analiza metoda za sjedinjavanje kolor i monohromatskih slika, YU INFO 2012, Kopaonik, 29.02-02.03. 2012.
4. Pavlović R., Petrović V., Multisenzorsko sjedinjavanje monohromatskih slika u kolor sliku, YU INFO 2013, Kopaonik, 03-06. mart 2013.
5. Pavlović R., Petrović V., Kolor sjedinjavanje monohromatskih slika uz isticanje toplih objekata, ETRAN 2013, Zlatibor, 03-06. Jun 2013.
6. Pavlović R., Petrović V., Merenje uticaja šuma na sjedinjavanje dinamičkih slika, YU INFO 2014, Kopaonik, 09-13. mart 2014.
7. Pavlović R., Petrović V., Uticaj dinamičkih promena na sjedinjavanje video sekvenci, YU INFO 2015, Kopaonik, 08-11. mart 2015.
8. Pavlović R., Petrović V., Kolor sjedinjavanje slika u realnom vremenu, ETRAN 2015, Srebno Jezero, 08-11. Jun 2015.
9. Pavlović R., Multisenzorsko osmatranje i praćenje besposadnih letelica, YU INFO 2016, Kopaonik, 28.02-02.03.2016.
10. Pavlović R., Petrović V., Stanojević M., Tasić Đ., Prostorno-vremenske frekvencije kao mera za procenu dinamičkog sjedinjavanja slika, ETRAN 2016, Zlatibor, 13-16. Jun 2016.
11. Pavlović R., Petrović V. Subjektivna procena uspešnosti sjedinjavanja video sekvenci, YU INFO 2017, Kopaonik, 12.-15.03.2017.
12. Pavlović R., Petrović V. Tomić LJ., Uperedna analiza mera za dinamičku procenu uspešnosti sjedinjavanja video sekvenci, IT 2017, Žabljak, R. Crna Gora, 27.02.-04.03.2017.
13. Veljović T., Bondžulić B., Tomić LJ., Milanović B., Pavlović R., Određivanje širine i divergencije laserskog snopa, IT 2017, Žabljak, R. Crna Gora, 27.02.-04.03.2017.
14. Pavlović R., Petrović V., Sjedinjavanje multisenzorskih slika u cilju detekcije multikoptera, IT 2018, Žabljak, R. Crna Gora, 19.-24.02.2018.
15. Pavlović R., Petrović V., Gradijentna metoda za procenu uspešnosti sjedinjavanja kolor i monohromatskih slika, YU INFO 2017, Kopaonik, 11.-14.03.2018.

## VII ZAKЉUČCI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања представљеног у овој тези је развој алгоритама за сједињавање мултисензорских видео секвенци, колор слика и видеа као и мере за процену успешности сједињавања. Приликом развоја ових алгоритама вођено је рачуна да буду задовољени критеријуми брзине извршења алгоритама и њихова поузданост.

Истраживања приказана у дисертацији су најпре дала широк преглед литературе из области мултисензорског сједињавања слика и видео сигнала као и области објективне процене успешности ових процеса.

Прва обрађена тема: сједињавање мултисензорских видео сигнала резултирала је робусном, рачунски ефикасном методом сједињавања која постиже значајно виши ниво временске стабилности у односу на сличне до сада доступне методе уз процесно кашњење од само једног кадра. Анализом комплексности показано је да је метода погодна и за имплементацију у реалном времену на стандардним хардверским платформама. Метода је евалуирана и објективним мерама и субјективним тестовима и упоређена са најбољим досад познатим методама сједињавања. Резултати субјективних тестова су показали да предложена метода постиже виши ниво успешности сједињавања од свих осталих метода осим некаузалне методе 3D сједињавања која није применљива у реалним системима (субјективна оцена MOS 3.75 према 4.1).

У оквиру истраживања о методама видео сједињавања, конструисан је и мултисензорски систем за осматрање који се састоји од инфрацрвеног и сензора у видљивом делу спектра способном за симултано снимање са обе камере. Овим системом је урађено прикупљање релевантних мултисензорских секвенци и формирана је база мултисензорских видеа са укупно осам различитих контекста и садржаја. База је употребљена кроз читаву тезу за потребе евалуације процеса видео сједињавања.

Резултати субјективних тестова урађених на мултисензорским видео сигнаlima сједињеним различитим методама сједињавања представљају независтан резултат који може да се користи као тренинг скуп за тренирање и калибрисање објективних мера за процену видео сједињавања.

Истраживање у домену објективне процене успешности мултисензорског видео сједињавања резултирало је напредном просторно-временском мером. Мера је тестирана на резултатима субјективних тестова рађених са 6 различитих алгоритама видео сједињавања. Утврђено је да усвојени просторно-временски приступ има висок ниво корелације са субјективним оценама. Просечна корелација рангова, мерена Спирмановим коефицијентом корелације, *SROCC*, усредњеним на нивоу истог садржаја, способност објективне мере да рангира различите верзије истог сједињеног садржаја на исти начин као и људски посматрачи, достиже ниво од 88% (0.88) и линеарну корелацију са субјективним оценама од 79% (0.79). Резултати постојећих метрика, који не узимају у обзир временски аспект приказаних информација у видео сигнаlima, постижу резултате у просеку за 7-8% слабије. Ово доказује недвосмислен значај директне евалуације временских информација у процесу процене успешности видео сједињавања.

Резултати у домену сједињавања слика у боји су две методе за сједињавање слика са природном и псеудо бојом. Истраживање контекста у коме један од улазних сигнала садржи природну боју сцене показало је да било какве измене природног колоритета приказа проузрокују видни пад природног изгледа сједињеног сигнала и истакле значај његовог задржавања. То је посебно изражено приликом глобалних промена опште нијансе сцене које се добија кад се монохроматске информације уносе аритметички преко целе сцене. Много бољи приступ сједињавању са природном бојом добија се кад се измене колор информација монохроматским информацијама из другог сензора просторно ограниче на локалне регионе и градијенте. Показано је да је  $\beta$  канал у  $L\alpha\beta$  простору боје погодан домен за унос информација из додатног монохроматског канала поготово ако је то инфрацрвена слика. Предложене методе представљају својеврсни компромис између успешности приказа свих улазних информација, природног изгледа сједињене слике и рачунске комплексности.

У оквиру истраживања о сједињавању у боји, спроведени су вишеструки субјективни тестови са циљем да се утврди успешност предложених метода сједињавања у боји и упореде са тренутно најбољим приступима доступним у литератури. Тестови су спроведени на видео секвенцама из описаног мултисензорског скупа и показују да директна Бета метода где се

кодира само Бета канал има предност у односу на Бета модификовану методу која монохроматским информацијама кодира и канал интензитета сједињене слике у  $L\alpha\beta$  простору боје. Просечне субјективне оцене (*MOS*) су 0.78 и 0.76 респективно, с тим што је контролна метода у HSV простору боје лошије оцењена са 0.73 просечно. Поред мерења општег утиска о успешности сједињавања ови субјективни тестови обухватили су прикупљање утиска о природном изгледу сједињеног резултата. Оцене природног изгледа директно фаворизују директну Бета методу у односу на модификовану Бета и HSV методу, 3.77 према 3.58 и 3.65, респективно за први субјективни тест и 4.13 према 3.99 и 4.06, респективно за други субјективни тест. Чињеница да се оцене природног изгледа у потпуности слажу са оценама општег утиска о успешности сједињавања подвлачи значај очувања природног изгледа сједињеног сигнала у општем субјективном утиску о успешности сједињавања.

Резултати ових субјективних тестова урађених на мултисензорским сликама сједињеним различитим методама сједињавања представљају независтан резултат који је применљив као тренинг скуп за тренирање и калибрисање објективних мера за процену сједињавања слика у боји.

Објективне мере за процену успешности сједињавања у боји чине јединствен резултат у пољу у коме до сада није било јавно познатих и прихваћених метрика. Обе предложене мере верификоване су на резултатима субјективних тестова вођених да евалуирају сједињавање сигнала у боји. Обе мере постижу завидан ниво корелације са субјективним резултатима, с тим да мера која изричито раздваја информације о боји и евалуира их независно (*CQ*) постиже нешто бољи ниво слагања са субјективним оценама по питању корелације рангова у односу на меру која боју евалуира имплицитно кроз RGB канале: *SROCC* од 0.71 према 0.59. Линеарна корелација са субјективним скоровима за обе мере је идентична и износи 0.625. Чињеница да обе мере користе исти модел структурне сличности примењен на информације о интензитету и боји независно говоре у прилог да је структурна сличност концепт који није само ограничен на информације о интензитету већ применљив и на простор информација о боји.

Конечно, анализа утицаја шума у процесу сједињавања резултирала је сазнањем да при високим снагама шума, једноставније методе сједињавања, као што су аритметичке комбинације сигнала могу произвести боље резултате од комплекснијих метода које користе селективне моделе трансфера информација из улазних у сједињене слике. Конкретно, управо ти механизми максимизације контраста на свакој локацији често резултирају преносом шума у сједињени сигнал, као и корупцију података који долазе из улазног сигнала који сам није корумпиран шумом. Резултати указују и на чињеницу да шум утиче на истоветан начин на већину мулти-величинских и селективних алгоритама сједињавања, али и да алгоритми који су бољи у одсуству шума, ту предност у успешности задржавају и у присуству шума.

## VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Резултати истраживања су приказани прегледно и систематично, помоћу табела и слика које олакшавању њихово тумачење. Табеле и слике су пропраћене адекватним текстуалним описом услова при којима су добијене, као и одговарајућим коментарима. Добијени резултати су коректно тумачени, уз поређење са резултатима других истраживача у разматраној области. Научни допринос истраживања у дисертацији је приказан веома квалитетно и јасно. Дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate*. На основу начина приказа и тумачења резултата истраживања, Комисија позитивно оцењује поднету дисертацију.

## IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?  
Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?  
Дисертација садржи све битне елементе представљене кроз квалитетно структуриране садржајне целине.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?
  - У дисертацији је дат систематичан и опсежан преглед литературе из области сједињавања реалних видео сигнала и колор сједињавања појединачних слика као и метода објективне процене успешности сједињавања слике и видеа.
  - Развијен је робусни, рачунски ефикасан алгоритам сједињавања видео сигнала заснован на мултивеличинској анализи слике који успева да постигне сједињавање видео сигнала средње резолуције у реалном времену, са високим нивоом временске стабилности уз минимално кашњење од само једног кадра
  - Развијене су јединствене и поуздане мере за објективну процену успешности видео сједињавања базиране на просторно-временској структурној сличности сигнала
  - Развијене су ефикасне методе за сједињавање монохроматских и слика у природној боји који задржавају и природни изглед оригинала у природној боји и јасну видљивост информација из монохроматских (инфрацрвених) слика, као и нове методе за сједињавање монохроматских слика у слике са псеудо бојом
  - Развијене су оригиналне мере за процену успешности сједињавања монохроматских и слика у боји, које до сада нису биле доступне.
  - Налази анализе сједињавања у присуству шума унапређују тренутно прихваћено мишљење да су алгоритми сједињавања који оптимално раде на чистим снимцима, добри и на зашумљеним, тиме да и једноставнији неоптимални алгоритми сједињавања могу бити корисни у присуству израженог шума.
  - Истраживање је обухватило спровођење више различитих субјективних тестова који су евалуирали сједињене слике и видео сигнале у два контекста: монохроматско и колор сједињавање, где су ефекти сједињавања на верност и квалитет крајњих сигнала значајно другачији од оних који се јављају код класичног монохроматског сједињавања појединачних слика које је предмет већине досадашњих истраживања у овој области. Резултати субјективних тестова су искоришћени за калибрацију и валидацију развијених објективних мера успешности сједињавања и од нарочитог су интереса за даљи развој ових мера.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања.  
Докторска дисертација кандидата мр Радета Павловића нема недостатака који би утицали на коначне резултате истраживања, а самим тим и на примену резултата у инжењерској пракси.

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
да се докторска дисертација кандидата мр Радета Павловића под насловом „КОЛОР И ДИНАМИЧКО СЈЕДИЊАВАЊЕ ВИЗУЕЛНИХ СИГНАЛА“ прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

др Татјана Лончар-Турукало, ванредни проф,  
ФТН Нови Сад, председник комисије

---

др Срђан Сладојевић, ванредни професор,  
ФТН Нови Сад, члан

---

др Вељко Папић, ванредни професор,  
Електротехнички факултет Београд, члан

---

др Иван Покрајац, доцент,  
Војнотехнички Институт, члан

---

др Владимир Петровић, редовни професор,  
ФТН Нови Сад, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.