

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Драгана Кнежевића, магистра електротехничких наука – област оптоелектроника и ласерска техника, за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5047/15-1 од 13.07.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Драгана Кнежевића, магистра електротехничких наука – област оптоелектроника и ласерска техника, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под радним насловом **„Оптимизација термовизијских система са панорамским приказом за надзор брзопокретних објеката“.**

Комисија предлаже промену наслова теме у:

„Карактеризација термовизијских система са панорамским приказом за надзор покретних објеката“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Мр Драган Кнежевић је рођен 26. марта 1968. године у Новом Саду, Република Србија. Основну школу “Светозар Марковић” у Краљеву уписао је школске 1974/75. године. Преселио се у Београд 1977. године. Школовање наставља у основној школи “Вељко Дугошевић” и завршава 1982. године. Шесту београдску гиманзију уписао је 1982/83. и завршио 1986. године. Носилац је дипломе “Михајло Петровић Алас” из математике и физике. Учествовао је на републичким такмичењима из математике и физике и освојио неколико диплома и похвала.

Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 1986. године, а наставу је почео да похађа 1987. године, након одслуженог војног рока на профилу техничка физика. Због догађаја у земљи, од 1990. године више пута је прекидао студије дајући свој допринос у одбрани земље. 1996. године је дипломирао на Одсеку физичка електроника, смер оптоелектроника и ласерска техника. Магистарски рад под насловом “Анализа параметара термовизијских уређаја за детекцију циљева у ваздуху” одбранио је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у мају 2001.

Од 1998. до 2003. године био је запослен у ГШ Војске Југославије. Од 2003. године ради у МО-ВТИ као водећи истраживач у Одсеку за оптоелектронске системе, Одељења за сензорске системе, Сектора за електронске системе Војнотехничког института. Тежиште његовог рада се односи на анализу термовизијских уређаја и система, анализу и синтезу ИЦ сцене и стручну помоћ у области термовизијских мерења и термографије.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат мр Драган Кнежевић одбранио је магистарски рад под насловом „Анализа параметара термовизијских уређаја за детекцију циљева у ваздуху“ 05.05.2001. год. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду под менторством др Јована Елазара, ванредног професора. У раду је извршена анализа услова детекције и препознавања видљивих циљева. Формиран је комплетан модел који се састојао од: упрошћеног модела циља, модела атмосфере и модела оптоелектронских карактеристика термовизијских уређаја (MTF, NETD, MDTD и MRTD). Коришћењем овог модела извршена је анализа утицаја конструкционих параметара термовизијских уређаја на могућност детекције и препознавања одабраних циљева. Рад припада области Оптоелектронике и ласерске технике, која је подобласт Наноелектронике и фотоники.

Кандидат мр Драган Кнежевић је уписао докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду школске 2015/2016. године на модулу Наноелектроника и фотоника. Кандидату је одобрен упис на докторске академске студије, на модулу Наноелектроника и фотоника, са обавезом да у току студија оствари разлику (у односу на стари програм) од 105 ЕСПБ од чега 45 ЕСПБ за одговарајуће изборне предмете и 60 ЕСПБ за израду докторске дисертације. Током докторских студија положио је пет изборних предмета предвиђених наставним планом модула:

Предмет	Оцена	ЕСПБ
1. Простирање оптичких таласа у комплексним срединама	10	9
2. Модерне фотонске компоненте и системи	10	9
3. Биомедицински сензори и претварачи	10	9
4. Фуријеова оптика	10	9
5. Моделовање наноструктура	10	9

У претходном периоду кандидат мр Драган Кнежевић је публикувао радове у часописима од међународног и националног значаја и учествовао на више међународних и домаћих конференција. Списак објављених радова је наведен у даљем тексту.

1. Радови објављени у часописима међународног значаја

1.1. Радови у међународним часописима - M_{23}

1. D. Knežević, M. Dragović, V. Ibrahimović, M. Srećković, A. Kovačević. *Numerical complexity of real-time tracking of objects in defined space by infrared optoelectronic devices*, Indian J. Pure and Appl. Phys., vol. 52, no. 7, pp. 457-464, 2014. (ISSN: 0019-5596, IF 0.766)
2. M. Ž. Srećković, S. M. Ostojić, J. T. Ilić, Z. A. Fidanovski, S. D. Jevtić, D. M. Knežević and M. D. Obrenović. *Photoinduced Processes, Radiation Interaction with Material and Damages – Material Hardness*, Nuclear Technology & Radiation Protection, vol. 30, no. 1, pp. 23-34, 2015. (DOI: 10.2298/NTRP1501023S, ISSN 1451-3994, IF 0.372)

3. D. Simić, U. Andjelić, D. Knežević, K. Savić, V. Draganić, R. Sirovatka, Lj. Tomić. *Thermobaric effects of cast composite explosive of different charge mass and dimensions*, Cent. European J. of Energ. Mat., vol. 13, no. 1, pp. 161-182, 2016. (ISSN 1733-7178, IF 1.041)
4. D. Knežević, A. Redjimi, K. Mišković, D. Vasiljević, Z. Nikolić, J. Babić. *Minimum resolvable temperature difference model, simulation, measurement and analysis*, Quant. and Opt. Electr., vol. 48, no. 6, pp. 332:1-7, 2016. (DOI 10.1007/s11082-016-0598-7, ISSN: 0306-8919 IF 1.055)

1.3. Радови у међународним часописима без импакт фактора

5. D. Knežević, M. Srećković, S. Kočinac, V. Ibrahimović. *The Application of Spatial Triangulation for Instantaneous Tracking of Flying Objects in Specified Area*, Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara – J. of Eng., tom V (year 2007), fascicule 2, pp. 93-104, 2007. (ISSN 1584-2665)
6. M. Dimitrijević, D. Knežević, S. Šambina, A. Čučaković, M. Srećković. *Removal of False Targets in the Issues of Spatial Triangulation by projective (descriptive) geometry methods*, Struct. Mech. of Engin. Const. and Build., no.3, pp.1-11, 2013. (ISSN 1815-5235)

2. Саопштења са међународних научних скупова - M₃₀

2.1. Саопштење са међународног скупа, штампано у целини - M₃₃

1. D. Knežević. *Satellite Thermal Imaging Application In Remote Sensing And Tacking Of Earth Changes*, Proceedings of MECEO - Mediterranean Conference on Earth Observation, pp.19-25, Belgrade, Serbia, 21-23. April 2004. (ISBN 86-7352-118-1)
2. M. Srećković, D. Knežević, Z. Stević, Dj. Milanović, S. Jevtić, Ž. Tomić, D. Družijanić. *Laser application in Ecology*, Proceedings of Urbaneco, pp. 345-367, Ečka, Serbia, 15th October 2012. (ISBN 978-86-7672-237-2)
3. A. Redjimi, N. Jovanović, D. Knežević, Lj. Tomić. *Numerical Estimation of the Noise Equivalent Temperature Difference of the Third Generation Thermal Imagers*, Proceedings of 1st IcETRAN, pp. MOI3.1.1-4, Vrnjačka Banja, Serbia, 02-05. June 2014. (ISBN 978-86-80509-70-9)
4. K. Savić, A. Redjimi, N. Jovanović, D. Knežević. *Numerical Simulation of the Black Body Radiation Laws*, Proceedings of 1st IcETRAN, pp. MOI3.2.1-5, Vrnjačka Banja, Serbia, 02-05. June 2014. (ISBN 978-86-80509-70-9)
5. Ž. Petrović, P. Petrović, D. Knežević, P. Jovanić, V. Velisavljev. *General Approach To Exhaust Emission Control Of Internal Combustion Engines*, Proceedings of 4th International Conference Ecology of Urban Areas 2014, pp. 125-131, Zrenjanin, Serbia, 09-10. October 2014. (ISBN 978-86-7672-237-2)
6. D. Simić, U. Andjelić, D. Knežević, K. Mišković, S. Gačić, S. Terzić, S. Brzić. *Quantification of thermal effects of thermobaric detonation by infrared technique*, New trends in Reasearch of Energetic Materials, Conference and proceedings number 18, pp. 829-838, Pardubice, Czech Republic, 15-17. April 2015. (ISBN 978-80-7395-891-6)
7. U. Andjelić, D. Simić, D. Knežević, M. Dević. *Visualizing the thermal effect of thermobaric explosives*, 7th International scientific conference on defensive technologies OTEH 2016, Conference and proceedings number 7, pp. 278-282, Belgrade, Serbia, 6-7. October 2016. (ISBN 978-86-81123-82-9)
8. I. Kostić, D. Pavlović, V. Lazović, D. Vasiljević, D. Stojanović, D. Knežević, Lj. Tomić, G. Dikić, D. Pantelić. *Thermal and camouflage properties of rosalia alpina longhorn beetle with structural coloration*, 7th International scientific conference on defensive technologies OTEH 2016, Conference and proceedings number 7, pp. 525-529, Belgrade, Serbia, 6-7. October 2016. (ISBN 978-86-81123-82-9)

2.2. Саопштење са међународног скупа, штампано у изводу – M₃₄

9. D. Knezević, P. Matavulj, Z. Nikolić. *The possibility of an information processing in the infrared picture*, 9th Photonics Workshop 2016, Book of Abstracts, p. 3, Kopaonik, Serbia, 02-06. March 2016. (ISBN 978-86-82441-41-1)
10. D. Knezević, P. Matavulj, Z. Nikolić. *Modeling of aircraft IC signature based on comparative tracking*, 6th International School and Conference on Photonics, Book of Abstracts, p. 137, Belgrade, Serbia, 28. August - 01. September 2017. (ISBN 978-86-82441-46-5)

3. Радови објављени у часописима националног значаја

3.1. Радови у водећим часописима националног значаја - M₅₁

1. M. Srećković, A. Kovačević, A. Milosavljević, S. Ostojić, B. Đokić, S. Jevtić, D. Knežević. *Energetika, kvantna elektronika, nelinearna optika i laserska tehnika*, Energija, ekologija, ekonomija, br. 5/2009, str. 5-14, 2009, 005-017. (ISSN 0354-8651) (NO Energetske tehnologije i rudarstvo, 2009.)

3.2. Радови у часопису националног значаја - M₅₂

2. A. Redjimi, D. Knežević, K. Savić, N. Jovanović, M. Simović, D. Vasiljević. *Noise Equivalent Temperature Difference Model for Thermal Imagers, Calculation and Analysis*, Scientific Technical Review, 2014, vol.64, no.2, pp. 42-49, 2014. (ISSN: 1820-0206) (NO Elektronika, telekomunikacije i informacione tehnologije, 2014.)
3. B. Simić, D. Knežević, M. Srećković, D. Nikolovski. *Savremeni problemi termovizije*, Tehnika, tom 62, br. 2, str. 272-284, 2013. (UCD 621.391.6) (ISSN 0040-2176) (NO Elektronika, telekomunikacije i informacione tehnologije, 2013.)

3.3. Радови у часопису националног значаја без класификације

4. D. Knežević. *Optički nišan NO M04 i laserski obeleživač cilja OCL M0*, Novi Glasnik – vojnostručni intervidovski časopis, br. 3/2007, str. 81-86, 2007. (ISSN:0354-3323)

4. Саопштења са скупова националног значаја - M₆₀

4.1. Саопштења са скупа националног значаја штампана у целини - M₆₃

1. D. Knežević, B. Livada. *Model optoelektronskih karakteristika termovizijskih uređaja*, Zbornik radova XLV ETRAN, str. 258-261, Bukovička Banja, Arandelovac, 4-7. jun 2001. (ISBN: 978-86-80509-40-X)
2. D. Knežević, B. Livada. *Modeli NETD za termovizijske uređaje*, Zbornik radova XLVI ETRAN, str. 114-117, Banja Vrućica, Teslić, 4-7. jun 2002. (ISBN 978-86-80509-66-2)
3. M. Knežević, D. Knežević, Lj. Tomić, M. Knežević. *Primene termovizije u medicinskoj dijagnostici*, Zbornik radova XLVI ETRAN, str. 114-117, Banja Vrućica, Teslić, 4-7. jun 2002. (ISBN 978-86-80509-66-2)
4. D. Knežević, Lj. Tomić, M. Knežević, M. Knežević, S. Rabrenović. *Primena termovizije u medicinskoj dijagnostici raka dojke*, Zbornik radova XLVII ETRAN, str. 281-283, Herceg Novi, 8-13. jun 2003. (ISBN: 978-86-80509-48-5)
5. Lj. Tomić, D. Knežević, M. Knežević, S. Rabrenović. *Lečenje retinopatije metodom koherentne optike*, Zbornik radova XLVII ETRAN, str. 284-287, Herceg Novi, 8-13. jun 2003. (ISBN: 978-86-80509-48-5)
6. Ž. Tomić, J. Mirčevski, M. Miltenović, D. Knežević. *Programski alati za analizu slike nastale rasejanjem bazirani na wavelett algoritmima*, Zbornik radova simpozijuma INFOTEH, vol. 5, Ref. E-III-2, str. 393-396, Jahorina, 22-24. mart 2006. (ISBN-99938-624-2-8)

7. M. Srećković, S. Ristić, D. Knežević, M. Kutin. *Komplementarni aspekti laserskih i drugih mernih tehnika*, Zbornik radova 30tog naučnog stručnog skupa sa međunarodnim učešćem Hipnef2006, str. 235-245, Vrnjačka Banja, 24-26. maj 2006. (ISBN 86-81505-21-1)
8. M. Srećković, Ž. Tomić, M. Pavlović, A. Kovačević, D. Družijanić, D. Knežević, S. Milić, J. Mirčevski, B. Đokić, M. Dimitrijević, M. Davidović. *Savremeni problemi kvantne elektronike i lidarskih tehnika*, Zbornik radova simpozijuma INFOTEH, vol.7. Ref. E-VII 13, str. 663-667, Jahorina, 26.-28. mart 2008. (ISBN-99938-624-2-8)
9. K. Savić, I. Kostić, N. Jovanović, D. Knežević, D. Milanović. *MRTD jedne termovizijske kamere posle njenog desetogodišnjeg korišćenja*, Zbornik radova LVI ETRAN, str. MO4.3-1-3, Zlatibor, 11-14. jun 2012. (ISBN 978-86-80509-67-9)
10. M. Srećković, S. Jevtić, Ž. Tomić, B. Milošević Đokić, A. Bugarinović, S. Polić – Radovanović, D. Knežević, N. Slavković, Z. Fidanovski. *Simulacione metode u pristupu projektovanju lasera od interesa u ekologiji*, Zbornik radova simpozijuma INFOTEH, vol.12, KST-3.13, str. 478-483, Jahorina, 20-22. mart 2013, 2013. (ISBN 978-99955-763-1-8)
11. D. Knežević, K. Savić, V. Draganić. *Merenje temperature brzih gasnih tokova*, Zbornik radova LVII ETRAN, MO1.6, str. 1-4, Zlatibor, 03-06. jun 2013. (ISBN 978-86-80509-68-6)
12. K. Savić, V. Draganić, D. Knežević. *Modelovanje laserskog daljinomera*, Zbornik radova LVII ETRAN, MO1.7, str. 1-4, Zlatibor, 03-06. jun 2013. (ISBN 978-86-80509-68-6)
13. LJ. Tomić, V. Damnjanović, A. Kovačević, D. Knežević, K. Savić. *Primena impulsne termografije za ispitivanje aluminijumskih i pleksiglas test uzoraka sa periodičnom strukturom defekata*, Zbornik radova LVIII ETRAN, MO3.2, str.1-4. Vrnjačka Banja, 02-05. jun 2014. (ISBN 978-86-80509-70-9)

4.2. Саопштења са скупа националног значаја штампана у изводу - М₆₄

14. D. Knežević, LJ. Tomić. *Analiza brzine odziva sistema prilikom praćenja objekata IC mrežom senzora*, Treća radionica fotonike 2010, Teorija i eksperiment u Srbiji, Zbornik apstrakata, str. 28, Beograd, 21-23. april 2010. (ISBN: 978-86-8244-127-4)
15. D. Knežević, LJ. Tomić. *Analiza IC scene u cilju dobijanja boljih karakteristika termovizijskih uređaja*, Četvrta radionica fotonike 2011, Zbornik apstrakata, str. 28, Kopaonik, 02-06. mart 2011. (ISBN: 978-86-8244-129-8).
16. A. Redjimi, M. Bendjaballah, D. Knezević, K. Savić. *MRTD and Surveillance Ranges of a Thermal Imaging Camera after its Usage for Ten Years*, Osma radionica fotonike 2015, Zbornik apstrakata, str. 24, Kopaonik, 08-12. mart 2015. (ISBN 978-86-82441-41-0)

Дана 25.07.2017. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду мр Драган Кнежевић је имао јавни усмени испит о подобности теме и кандидата пред петочланом комисијом у саставу:

1. др Слободан Петричевић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Зоран Николић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Физички факултет,
3. др Бранко Ковачевић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
4. др Стевица Граовац, ванредни професор у пензији,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
5. др Марко Барјактаровић, доцент,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

Комисија је закључила да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације и оценила испит оценом **задовољно**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада кандидата мр Драгана Кнежевића и узимајући у обзир све претходно наведене чињенице, Комисија је стекла увид у способности и научно-истраживачки рад кандидата те констатује да је кандидат:

- Одбранио магистарски рад 2001. год. из области Оптиелектронике и ласерске технике,
- Положио додатне испите (45 ЕСПБ) након магистратуре,
- Јавно одбранио тему докторске дисертације 25.07.2017. године пред петочланом комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду,
- Публиковао већи број радова у научним часописима и зборницима са научних скупова из области којој припада предложена тема докторске дисертације чиме је показао квалификације за научни рад и афинитет према теми докторске дисертације.

Стога је став Комисије да кандидат мр Драган Кнежевић задовољава све услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предложена тема припада области инфрацрвене (ИЦ) оптиелектронске технике. Проблеми квалитетног надзора, ране детекције [1-4] и праћење промена у оквиру посматране сцене [5-8], данас се решавају различитим техникама. Најсавременији приступ решавању ових проблема заснива се на примени пасивних ИЦ сензорских система, повезаних у командно информационе системе (КИС). У оквиру ИЦ сензорских система за ову намену изузетан значај имају термовизијски системи са панорамским приказом, IRST (Infrared Search and Track) системи, чијом применом се остварује:

- благовремено уочавање одговарајућих промена у инфрацрвеној сцени (термовизијски део оптичког спектра);
- одговарајуће управљање КИС-ом;
- превентивни одзив самог система у зависности од његове намене.

Поред IRST система примењују се и термовизијске камере на обртним троосним управљивим платформама.

Посебну проблематику представља формирање панорамске слике, која се користи приликом праћења покретних објеката [2,4,9,10]. Предложена докторска дисертација представља наставак магистарске тезе кандидата, која је дала допринос у верификацији параметара термовизијских уређаја, развоју термовизијских уређаја по захтеву, поступцима мерења у атмосфери ради формирања квалитетних база података и могућности формирања стандардних мета за покретне објекте.

Захтев за пасивним ИЦ системима у области надзора, даљинске детекције и праћења захтеваних промена са сателитских, авионских, бродских и других платформи, све више расте у свету, зато што су ови системи:

- пасивни тј. енергетски ефикасни,
- флексибилнији у односу на активне системе надзора,
- раде у сложеним метеоролошким условима [11-13] независно од доба дана и ноћи.

Увидом у постојећу литературу, постоји интензиван рад на различитим инфрацрвеним претраживачима простора, како на активним системима (LIDAR) [14,15], тако и на пасивним системима (термовизијски). Код пасивних система комплетна

информација о просторном распореду објеката се базира на примењеним методама просторне триангулације [2-4]. На различит начин се примењују и постављају модели атмосфере у зависности од спектралног подручја рада система и других оптоелектронских карактеристика. Претпостављају се различити облици сигнатуре сцене, у односу на које се прати време претраживања простора и добијање поуздане информације (елиминација лажних аларма). У односу на сигнатуру сцене, услове атмосфере и захтева КИС-а, врши се оптимизација параметара система ради издвајања валидних информација.

Предмет истраживања предложене дисертације јесте карактеризација термовизијских система са панорамским приказом у односу на: пасивну детекцију и пасивно одређивање удаљености посматраног објекта од сензора [11,16,17], могућност праћења краткотрајних температурних одраза [13,18,19], расположивост довољно великог броја кадрова у секунди за захтевано видно поље и време интеграције [9-11,13,18,19], просторно-временско предфилтрирање сигнала [9], потребно време за аквизицију и дистрибуцију података крајњим корисницима и процену захтева за побољшане карактеристике детектора (детективност, одзивност, осетљивост).

Проблем одређивања детекције код термовизијских уређаја и система повезан је са:

- особинама површине и материјала објекта који се посматрају; пре свега расподеле емисивности и температуре на њиховој површини [7-9,16,17],
- утицајима других извора зрачења који се рефлектују са различитих површина посматраних објекта,
- утицајима других извора зрачења који сачињавају укупну инфрацрвену сцену (поред зрачења објекта које желимо да уочимо),
- слабљењима сигнала током простирања кроз атмосферу [9-12],
- другим утицајима који доводе до формирања лажних сигнала и
- карактеристикама термовизијског уређаја/система којим се осматра ИЦ сцена [11,13,16, 20-23].

Термовизијски уређаји за надзор, о којима говоримо, карактеришу се својим видним пољем, просторном и температурском резолуцијом, као и координатама своје просторне позиције. Ови уређаји са различитих позиција у истом тренутку посматрају различите делове јединствене ИЦ сцене са циљем да детектују објекте у сцени [4,11,16,24] на основу њихове величине, ирадијансе, јачине примљеног сигнала који одговара боји тј. интензитету сиве боје, дубини и сл. Сваку од разматраних камера у најбољем случају можемо сматрати pinhole камером. Комплексни вид презентације подразумева геометријску калибрацију код које се успоставља једнозначна зависност 3D координате реалног објекта у 2D равни/пројекцији видног поља камере. Детаљна хомографска анализа омогућава просторну анализу волуминозних објеката, анализу кретања, ротације, транслације, модификације објекта и сл., укључујући и реалне параметре камере и амбијента. У нашем случају сваки објекат је углавном тачкаст објекат. Детекција објекта виђених са више камера подразумева анализу преклапања уочених позиција објекта [1-4,9-11,13,16,24-27]. Код тачкастих објекта најпогодније решење се може добити анализом преклапања скупа координата објекта виђеног са различитим камерама, где се уз претходну квантизацију x , y и z координата може развити погодан 3D модел за екстракције објекта и анализе суседстава [9] или се по квантизацији на основу заједничког скуповног пресека добијених 3D координата са свих камера добија прави објекат, као онај кога истовремено виде све камере.

Циљ тезе је утврђивање поступка детекције свих тачкастих објекта од интереса у широком температурском опсегу, издвајање лажних сигнала од извора зрачења који се траже у посматраној сцени, добијање употребљиве информације (одређивање координата објекта и прослеђивање истих до крајних корисника) и предлагање начина побољшања детекције удаљених објекта.

Значај истраживања огледа се у побољшању квалитета и квантитета информација које се могу добити из посматране инфрацрвене сцене и брзог и ефикасног издвајања

позиција уочених објеката током панорамског претраживања.

2.1. Релевантни радови из области истраживања

- [1] D. Knežević. *Satellite thermal imaging application in remote sensing and tacking of earth changes*, Proceedings of 1st Mediterranean Conference on Earth Observation (Remote Sensing), MeCEO2004, Belgrade, Serbia, 2004., pp.19-25.
- [2] D. Knežević, M. Srećković, S. Kočinac, V. Ibrahimović. *The application of spatial triangulation for instantaneous tracking of flying objects in specified area*, Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara – J. of Eng, 5, 2007., pp. 93-104.
- [3] M. Dimitrijević, D. Knežević, S. Šambina, A. Čučaković, M. Srećković. *Removal of false targets in the issues of spatial triangulation by projective (descriptive) geometry methods*, Struct. Mech. of Engin. Const. and Build., 3, 2013., pp.1-11.
- [4] H.B. Srivastaval, Y.B. Limbu, R. Saran, A. Kumar. *Airborne infrared search and track systems*, Defence Science Journal, 57, 2007., pp. 739-753.
- [5] S.P. Mahulikar, H.R. Sonawane, G.A. Rao. *Infrared signature studies of aerospace vehicles*, Progress in Aerospace Science, 43, 2007., pp 2018-245.
- [6] K. Yi, S. Baek, B. Gu, S. Lee, M. Kim, W. Kim. *Infrared signature study of aircraft exhaust plume*, Proceedings of 15th International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery, ISROMAC-15, Honolulu, USA, 2014., TH102.1-2.
- [7] G.V. Ivanov, V.G. Ivanov. *Temperature and emissivity determination of small-size long-range object's using staring thermovision cameras*, Infrared Physics and Technology, 60, 2013., pp. 161–165.
- [8] V.P. Vavilov, D.D. Burleigh. *Review of pulsed thermal NDT: Physical principles, theory and data processing*, NDT&E International, 73, 2015., pp. 28–52.
- [9] D. Knežević, P. Matavulj, Z. Nikolić, *The possibility of an information processing in the IC picture*, Book of Abstracts of 9th Photonics Workshop, Kopaonik, Serbia, 2016., p. 3.
- [10] T, Mudrinic, Z Nikolic, Z Mojovic, Z Cupic, A Milutinovic-Nikolic, D Jovanovic. *In situ videometry monitoring of bubble behavior during the electrocatalytic oxygen evolution reaction*, Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, 115, 2015., pp. 81-91.
- [11] Д. Кнежевић. *Анализа параметара термовизијских уређаја за детекцију циљева у ваздуху*, магистарска теза, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, 2001.
- [12] T. Kruczek. *Use of infrared camera in energy diagnostics of the objects placed in open air space in particular at non-isothermal sky*, Energy, 91, 2015., pp. 35-47.
- [13] А. Ређими. *Просторно-временска калибрација система за анализу више каналних видео и аудио записа*, докторска дисертација, Универзитет одбране у Београду, 2017.
- [14] М. Срећковић, С. Ристић, Д. Кнежевић, М. Кутин. *Комплементарни аспекти ласерских и других мерних техника*, Зборник са 30-ог научно стручног скупа са међународним учешћем, HIPNEF2006, Врњачка Бања, Србија, 2006., pp.235-245.
- [15] M. Srećković, Ž. Tomić, M. Pavlović, A. Kovačević, D. Družijanić, D. Knežević, S. Milić, J. Mirčevski, B. Đokić, M. Dimitrijević, M. Davidović. *Contemporary problems of quantum electronics and lidar techniques*, Proceedings of INFOTEH2008, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 2008., pp.663-667.
- [16] M. Ab-Rahman, M.R. Hassan. *Lock-on range of infrared heat seeker missile*, Proceedings of International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Selangor, Malaysia, 2009. pp. 472–477.
- [17] A. Clarke. *The conceptual design of novel future UAV's incorporating advanced technology research components*, PhD Thesis, Cranfield University, 2011.
- [18] D. Simić, U. Andjelić, D. Knežević, K. Savić, V. Draganić, R. Sirovatka, Lj. Tomić. *Thermobaric effects of cast composite explosive of different charge mass and dimensions*, Cent. European J. of Energ. Mat., 13, 2016., pp. 161-182.
- [19] U. Andjelić, D. Simić, D. Knežević, M. Dević. *Visualizing the thermal effect of thermobaric*

explosives, Proceedings of 7th International scientific conference on defensive technologies OTEH 2016, Belgrade, Serbia, 2016., pp. 278-282.

[20] D. Knežević, A. Redjimi, K. Mišković, D. Vasiljević, Z. Nikolić, J. Babić. *Minimum resolvable temperature difference model, simulation, measurement and analysis*, Quant. and Opt. Elec., 48, 2016., 332:1-7.

[21] A. Redjimi, N. Jovanović, D. Knežević, Lj. Tomić. *Numerical estimation of the noise equivalent temperature difference of the third generation thermal imagers*, Proceedings of 1st IcETRAN, Vrnjačka Banja, Serbia, 2014., MOI3.1.1-4.

[22] K. Savić, A. Redjimi, N. Jovanović, D. Knežević. *Numerical simulation of the black body radiation laws*, Proceedings of 1st IcETRAN, Vrnjačka Banja, Serbia, 2014., MOI3.2.1-5.

[23] A. Redjimi, D. Knežević, K. Savić, N. Jovanović, M. Simović, D. Vasiljević. *Noise equivalent temperature difference model for thermal imagers, Calculation and analysis*, Scientific Technical Review, 64, 2014., pp. 42-49.

[24] *Eurofighter Typhoon*, technical Guide, Issue 01-2013, Germany, 2013.

[25] M.G. Chun, S.G. Kong. *Focusing in thermal imagery using morphological gradient operator*, Pattern Recognition Letters, 38, 2014, pp. 20–25.

[26] G.A. Bilodeau, A. Torabi, F. Morin. *Visible and infrared image registration using trajectories and composite*, Image and Vision Computing, 29, 2011., pp. 41–50.

[27] C. Yang, H. Liu, S. Liao, S. Wang. *Small target detection in infrared video sequence using robust dictionary learning*, Infrared Physics and Technology, 68, 2015., pp. 1–9.

3. Полазне хипотезе

Истраживачки рад кандидата се заснива на следећим хипотезама:

- Применом триангулације је могуће одређивање позиција изабраних објеката у простору и реалном времену.
- Познавањем ИЦ сигнатуре објекта и праћењем кретања детектованог објекта (уочавањем трајекторије његовог кретања) може се закључити о ком објекту је реч и предвидети његово даље кретање.
- Позадинско зрачење се може уклонити уколико су познати сви параметри приликом детекције (позиција - географска ширина и дужина, време – годишње доба, величина и положај видног поља – просторни угао и елонгација, температура ваздуха и сл.).
- Познавањем карактеристика термовизијског система и обртне платформе могуће је реализовати алгоритам за предфилтрирање и филтрирање, којим се могу уклонити лажни аларми, као и ефекти "размазивања" слике, што у случају мале површине мете у слици омогућава њену детекцију и праћење више циљева истовремено.
- Низак ниво ИЦ сигнала који одговара удаљеној мети онемогућава јасну детекцију мете. Коришћењем предложеног поступка предфилтрирања и аквизиције могуће је издвојити реалне мете.

4. Научне методе истраживања

Методе које ће се користити приликом истраживања се могу поделити у експерименталне и симулационе.

Експерименталне методе подразумевају:

1. Снимање налета летелица термовизијском камером како би се могла моделовати ИЦ сигнатура мете директним и компаративним праћењем,

2. Пробна конструкција IRST система и његово коришћење за снимање реалних сцена у различитим условима (статичко, размазано статичко и динамичко снимање).

3. Формирање базе снимака летилица у различитим сценским условима.

Симулационе методе подразумевају формирање и примену алгоритма за детекцију мета у снимљеним сценама. При том ће се користити познате методе за обраду слике као и оригинално дизајниран метод за предфилтрирање термограма применом логичких и скуповних операција. Користиће се ефикасан поступак триангулације који успешно потискују лажне сигнале и доприноси брзом формирању синтетичке слике.

5. Очекивани научни допринос

Као резултати овог истраживачког рада очекују се следећи научни доприноси:

- Одредиће се ИЦ сигнатура летелице снимањем термовизијском камером и адекватном обрадом добијених снимака.
- Формираће се алгоритам за предфилтрирање и процесирање у реалном времену секвенци сцена са термограма.
- Показаће се да симултана обрада добијених информација са различитих група сензора (више термовизиских камера) у реалном времену даје комплетнију и тачнију информацију о броју и типу уочених реалних мета. Ово ће бити могуће применом оригинално формираног алгоритма.
- Извршиће се карактеризација IRST система што ће омогућити праћење реалне сцене са већом дубином претраживања и фреквенцијом освежавања.
- Показаће се да је могућа детекција до 90 објеката у реалној сцени, без приказа лажних аларма као и да је могуће разликовање објеката екстракцијом њихових кључних параметара-карактеристика.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру израде докторске дисертације састоји се из следећих фаза:

- На почетку рада кандидат ће се упознати са расположивом литературом везаном за: ИЦ сигнатуру објекта, њену карактеризацију, конструкцију и примене IRST система, алгоритмима за обраду термограма као и нумеричким методама заснованим на логичким операторима.
- Потом ће се приступити поставци експеримента који је најлакше реализовати. За испитивања ће бити коришћене расположиве обртне платформе и термовизијске камере. Разматраће се различите брзине учестаности слике, времена интеграције у статичким условима камере у односу на изабрану ИЦ сцену као и динамичким условима, када се камера креће константом угаоном брзином на обртној платформи и врши пребрисавање исте ИЦ сцене (тежиште је на посматрању статичних објеката јасних ивица, а касније и покретних објеката).
- Симултано са експериментом приступиће се детаљнијем прегледу релевантне литературе из области анализе термовизијске слике.

- Наредна фаза подразумева анализу добијених резултата и могућа побољшања сензорског система. У поступку испитивања биће коришћене различите ИЦ сцене, праћење у различитим температурним опсезима, са различитим фреквенцијама понављања слике и различитим временима интеграције и пребрисавања ИЦ сцене. Упоредном анализом ће се извршити карактеризација добијених информација са узоркованих термограма.
- Централна фаза подразумева одабир поступка за добијање оптималног термограма на бази предложене технике. Формираће се алгоритам са претпроцесирањем који омогућава праћење реалних мета у реалном времену.
- Након тога ће се обавите вишеструке симулације тј. процесирање и модификација измерених термограма и сукцесивних фрејмова снимање сцене како би се добили валидни резултати детекције у различитим режимима рада IRST система.
- Коначна корисна информација, поред препознатог објекта у слици подразумева и његово просторно одрђење, што се добија након изабраног поступка триангулације.

Структура докторске тезе ће у великој мери пратити наведене фазе истраживања. Дисертација ће имати два дела са основним доприносима. У првом делу ће се карактеризовати мета и одредити сигнатура посматраног објекта (летилице). У другом делу ће се развити оригинални симулациони поступак са већим бројем инфрацрвених камера у панорамском систему.

7. Закључак и предлог

Након свих претходно наведених чињеница и стечене слике о теми докторске дисертације и кандидату Комисија закључује да кандидат мр Драган Кнежевић испуњава све услове да спроведе истраживање и да је способан да реализује докторску дисертацију на предложеној тему.

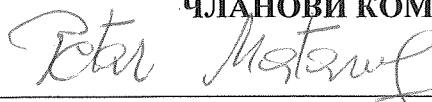
Комисија је предложила да се наслове теме „Оптимизација термовизијских система са панорамским приказом за надзор брзопокретних објеката“ измени у „Карактеризација термовизијских система са панорамским приказом за надзор покретних објеката“.

Пошто представљени садржаји и планирана истраживања припадају областима актуелних научних истраживања, а очекивани научни доприноси су значајни у процесу детекције удаљених тачкастих циљева применом умрежених пасивних ИЦ сензорских система и унапређењу истих, Комисија је сагласна да је предложена тема подобна за докторску дисертацију. Комисија констатује да предложена тема припада ужој научној области: Физичка електроника, подобласт Наноелектроника и фотоника, и да је Електротехнички факултет у Београду матичан за ову научну област, те за ментора израде докторске дисертације предлаже др Петра Матавуља, редовног професора Електротехничког факултета у Београду. Уз извештај се прилаже списак радова проф. др Петра Матавуља који га квалификују за ментора.

У закључку овог извештаја, имајући у виду све раније наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Драгану Кнежевићу одобри израду докторске дисертације под насловом „Карактеризација термовизијских система са панорамским приказом за надзор покретних објеката“.

У Београду, 21.09.2017. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



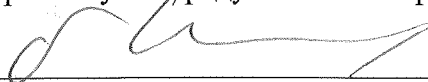
др Петар Матавуљ, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



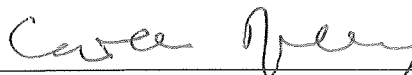
др Слободан Петричевић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Николић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Физички факултет



др Бранко Ковачевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Стевица Граовац, ванредни професор у пензији
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Марко Барјактаровић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет