

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидаткиње мастер инж. Наташе Влаховић за израду докторске дисертације под насловом „Робусно праћење покретних објеката на термалној слици“ („*Robust tracking of moving objects in thermal images*“).

Одлуком 5030/15-1 бр. од 03.02.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Наташе Влаховић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Робусно праћење покретних објеката на термалној слици“. На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Кандидат Наташа (девојачко презиме Кљајић) Влаховић је рођена 09.06.1987. године у Београду, Република Србија. Основну школу завршила је у Београду са одличним успехом (носилац Вукове дипломе), средњу школу је завршила у Београду (Девета београдска гимназија), такође са одличним успехом. Основне студије је уписала на Електротехничком факултету у Београду 2006. године, а дипломирала 2010. године на смеру Сигнали и системи са просечном оценом 8.62 и оценом 10 на дипломском раду. Након основних уписала је и мастер студије на истом факултету 2010. године, положивши све планом и програмом предвиђене испите на модулу Сигнали и системи са просечном оценом 10.00 и одбранила завршни рад 2011. године. Дипломски рад под називом: „Визуелизација система управљања позиционим серво системом на платформи Simens Simatic PCS7“ као и мастер рад под називом: „Оптичко препознавање карактера базирано на Хопфилдовим неуралним мрежама“ радила је под руководством проф. др Жељка Ђуровића. 2015. године уписује докторске академске студије на Електротехничком факултету на модулу Управљање системима и обрада сигнала.

Одмах по завршетку мастер студија, започела је праксу у фирми *Microsoft Development Center Serbia*, где је провела месец дана на пословима лабелирања и аквизиције података. Затим прелази у фирму Термовент Комерц, као инжењер аутоматике и тамо остаје до јуна 2012. године. Од јуна 2012. године до новембра 2017. године радила је на Војнотеничком институту (Министарство Одбране Републике Србије - Управа за Одбрамбене Технологије). За то време ради

на позицији истраживач – сарадник, а затим и виши истраживач, у Сектору за ракетно наоружање. Током рада у Војнотехничком институту ангажована је и као секретар Научног већа, осим редовне позиције истраживача у оквиру лабораторије за вођење и управљање. У новембру 2017. године почиње са радом у Влатаком института, на позицији систем инжењера.

1.2 Стечено научно-истраживачко искуство

Област истраживања Наташе Влаховић обухвата обраду сигнала, дигиталну обраду слике, праћење покретних објеката, термовизију, као и софтверску имплементацију алгоритама из наведених области на реалне платформе. Аутор је и коаутор радова који су саопштени и публиковани на научним скуповима и у научним часописима везаним за управљање системима и обраду сигнала.

Са научно-истраживачким радом почиње током рада у Војнотехничком институту, где се бавила ракетним системима и алгоритмима вођења и управљања објеката. Своје докторске студије започиње након три године рада на Институту. Уз научно-истраживачки рад у току прве две године докторских студија стиче практично искуство током рада на ракетним системима, активним учешћем у полигонским испитивањима. Трећу годину студија наставља у институту Влатаком, где стиче и практична знања везана за имплементацију алгоритама обраде слике на реалне системе за надзор. Међу важним истраживањима се истичу истраживања у области робусне естимације, као и робусног праћења покретних објеката на термалној слици, под руководством проф. др Жељка Ђуровића. Осим праћења објеката на термалној слици, бавила се и другим областима у оквиру дигиталне обраде слике, попут дигиталне видео стабилизације.

Наташа Влаховић је докторске студије уписала 2015. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, где је положила све испите са просечном оценом 10.00, под руководством ментора проф. др Жељка Ђуровића. Тема која је предложена за докторску дисертацију ове кандидаткиње припада областима праћења покретних објеката, робусне естимације и термовизије, а резултат је дугогодишњег рада у поменутих областима. Досадашњи резултати кандидаткиње су приказани кроз неколико публикација. Најважнији резултати досадашњих истраживања су објављени у следећим научним публикацијама:

- [1.1] **Vlahović N.**, Đurović Ž., " Robust tracking of moving objects using thermal camera and SURF descriptor ", International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, 2020. (M₂₂, IF: 2.116)
- [1.2] **Vlahović N.**, Graovac S., "Sensibility analysis of object tracking algorithms in thermal images", Scientific Technical Review, Volume 67, No. 1, pp.13-20, 2017. (M₅₁)
- [1.3] Stojanović M., **Vlahović N.**, Stanković M. and Stanković S. "Object Tracking in Thermal Imaging using Kernelized Correlation Filters", 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), 2018. (M₃₃)

- [1.4] **Vlahović N.**, Đurović Ž. "Object Tracking in Thermal Image with SURF, KLT Feature Tracker and Kalman Filter", 5th International Conference IcETAN, Palić, 2018. (M₃₃)
- [1.5] Pavlović R., **Vlahović N.** and Petrović V. "Comparative Analysis of Feature Descriptor Algorithms in Multisensor Systems", 5th International Conference IcETAN, Palić, 2018. (M₃₃)
- [1.6] Stojanović M., **Vlahović N.**, Stanković M., Stanković S. "Deep Features in Correlation Filters for Thermal Image Tracking, 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL) 2018. (M₃₃)
- [1.7] **Vlahović N.**, Stojanović M., Tomić Lj., Mišković K., Stojanović B. "Thermal Image Noise Reduction Post-processing techniques", 8th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH, Beograd, 2018. (M₃₃)
- [1.8] **Vlahović N.**, Barbarić Ž., Tomić Lj., Tomić P., "Analiza šuma na termalnoj slici scene" ETAN 2017., Kladovo, June 2017. (M₆₃)
- [1.9] **Vlahović N.**, Đurović Ž. "Robust Object Tracking based on SURF in Thermal Images", 6th International Conference IcETAN, Srebrno jezero, 2019. (M₃₃)

Дана 10.02.2021. године Наташа Влаховић полагала је испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: професор емеритус др Бранко Ковачевић, научни сарадник др Зоран Бањац, доцент др Драгомир Ел Мезени. Оцена Комисије је да је кандидаткиња Наташа Влаховић на том испиту добила оцену: задовољила.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током писања овог Извештаја, Комисија је узела у обзир све претходно наведене чињенице и резултате досадашњег рада кандидаткиње Наташе Влаховић. Такође су, са посебном пажњом, размотрена искуства која је кандидаткиња стекла, како кроз образовни, тако и истраживачки процес. Узимајући у обзир све наведене компоненте које чине истраживачки профил кандидаткиње за докторску дисертацију, Комисија је стекла увид у способности кандидаткиње за научно-истраживачки рад, као и њене могућности да током израде предложене докторске дисертације, оствари резултате који могу бити приказани и вредновани од стране међународне научне заједнице. На овом месту треба нагласити утисак који је Комисија стекла током одбране докторског испита, да је у питању кандидат који има јасан преглед резултата који су објављени у научној области у којој се налази тема, као и увид у недостатак одговарајућих решења која су врло битна са становишта квалитетног праћења објеката у термалној слици. Кандидат је једнако упознат са теоријским статусом области као и са елементима рачунарске имплементације решења и комерцијалних производа који су из ове геме доступни на тржишту. Став Комисије је позитиван и након детаљног образложења саме теме предложиће да она буде усвојена, а кандидаткињи дата могућност да настави са израдом докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Праћење покретних објеката на сцени представља проблем који се дуго година уназад изучава. Ово је проблем који је још увек у фокусу научних истраживања, што доказују многа такмичења и конференције на ову тему који се сваке године организују са циљем да се постигну што боље перформансе и ефикасност алгоритама за праћење [2.1,2.2,2.3,2.4]. Све већа комерцијална доступност термалних камера омогућила је популаризацију проблема праћења покретних објеката на термалној слици.

Основни предмет истраживања ове докторске дисертације јесте анализа проблема праћења једног покретног објекта на термалној слици, као и развој алгорита за робусно праћење објеката на термалној слици сцене.

Савремени алгоритми за праћење објеката могу се поделити у две групе: на традиционалне методе и на методе базиране на дубоком учењу. Традиционалне методе такође се могу поделити у две групе: генеративне методе праћења (засноване на моделу циља) и дискриминативне методе (разликују објекат од позадине). Иако методе засноване на дубоком учењу [2.5, 2.6, 2.7 и 2.8] јесу доста ефикасније од традиционалних метода, њихове главне мане јесу: потреба за великим скуповима података за обучавање мреже, као и неочекивани резултати у случају потпуно непознатог сценарија. Са друге стране, традиционалне дискриминативне методе су такође врло често коришћене за проблем праћења у термалном домену [2.9, 2.10 и 2.11]. Нису рачунски захтевне, што је свакако предност, али се сусрећу са свим проблемима са којима се боре и други алгоритми попут оклузија, спајања позадине, малог контраста и слично. Иако су веома ефикасни код праћења, ови алгоритми могу дати и непредвидиве резултате уколико се на њихова ограничења не обрати додатна пажња.

Традиционални генеративни трекери комбинују неке методе машинског учења са ручно подешеним одликама за превазилажење проблематичних сценарија [2.12, 2.13]. Овакви трекери дају добре резултате, али њихов главни проблем јесте што нису робусни. За генералне задатке праћења, јако добро су се показали алгоритми који омогућавају да се објекат опише неком врстом дескриптора, попут СИФТ (*Scale-Invariant Feature Transform*) [2.14, 2.15] или СУРФ (*Speeded Up Robust Features*) [2.12, 2.13, 2.16 и 2.17] дескриптора, који су врло популарни у домену праћења, јер су робусни на парцијалне оклузије, скалирање и ротације. Међутим, не могу се сви дескриптори са истом ефикасношћу користити и у визуалном и у термалном домену, јер се карактеристике самих слика доста разликују. Термалне слике немају сенке, имају много другачије карактеристике шума него слике у визуалном домену, а како немају боју, различити облици и обрасци слике се јављају на основу варијација у материјалу и температури објеката на сцени.

Анализом доступне литературе је уочено да добре резултате дају дескриптори одлика, поготово СУРФ дескриптор који је прилагођен проблему праћења у термалном домену. Иако СУРФ алгоритам генерално даје добре резултате у термалном домену, услед лошијег квалитета слике или мањег контраста на самој термалној слици могу се десити грешке приликом упаривања.

Дакле, због несавршености саме термалне слике, СУРФ дескриптора, али и присуства различитих оклузија у слици, мерења позиције објекта који се прати нису увек тачна и прецизна, па је потребно вршити предикцију и естимацију кретања објекта. Таква естимација подразумева коришћење неке врсте предиктора ради предикције позиције објекта од интереса због ситуација у којима СУРФ дескриптор не даје добре резултате, или када одлике уопште не могу бити пронађене у слици.

Додатно, предмет истраживања ове докторске дисертације јесте и статистичка анализа грешке праћења СУРФ алгоритма. Таквом анализом грешке се може открити присуство типичних грешака које кваре перформансе система, а дешавају се у одређеним ситуацијама промене режима кретања (маневра), али и оних који утичу на потпуни губитак праћења објекта од интереса и представљају лоша мерења, такозване аутлајере (енг. *Outliers*) у подацима. Најчешћи узрок престанка рада алгоритма за праћење јесу аутлајери у подацима. Међутим, није лако унапред предвидети када ће се десити нити колику ће вредност имати. Због тога је, за проблем праћења покретног објекта на термалној слици, врло значајно испитати природу грешке која се јавља у подацима.

У случају појаве аутлајера у подацима коришћење линеарног естиматора попут стандардног Калман-овог филтра није добро решење, јер је осетљив на њих. Уколико се сам узрок појаве аутлајера, за дати случај испита, Калман-ов филтар се може унапредити и учинити робусним у случају њихове појаве, што свакако може дати решење које штеди процесорско време и даје боље перформансе система. Због тога је, у оквиру ове дисертације, додатни предмет истраживања анализа робусних естиматора и одабир погодног робусног естиматора за дати случај.

Циљ дисертације јесте дизајн робусног система за праћење покретног објекта на термалној слици који се прилагођава различитим условима сцене. Дизајн оваквог система подразумева најпре анализу постојећих алгоритама и њихових предности и недостатака. Још један циљ ове докторске дисертације јесте и статистичка анализа грешке одабраног алгоритма. Како би се статистичка анализа могла извршити на адекватан начин потребно је поседовати довољно дугачку базу података са различитим сценаријима, односно ситуацијама које представљају изазовне проблеме праћења објекта у термалном домену.

Пре самог пројектовања робусног естиматора, посебну пажњу је потребно обратити на чињеницу да робусност на аутлајере долази са ценом која се плаћа смањењем ефикасности естиматора. Зато је један од циљева ове дисертације постизање баланса између робусности и ефикасности одабраног естиматора и дизајн решења које се прилагођава ситуацији. Идеја ове докторске дисертације је да се стандардни естиматор стања, Калманов филтар, учини робусним увођењем нелинеарних функција утицаја. Због тога ће један од значајних циљева ове тезе бити и анализа примерености и ефеката различитих функција утицаја у разним режимима кретања и дизајн експертског система који се, у зависности од ситуације на сцени, прилагођава условима бирајући погодну функцију утицаја за тај случај. Оно што ће свакако бити искоришћено као један од механизма адаптације јесте и коришћење подесивих параметара функција утицаја. Наиме, како функције утицаја садрже подесиве параметре који зависе од процењеног степена контаминације,

односно вероватноће и варијансе присутних аутлајера, они се могу прилагодити условима сцене у зависности од података које имамо на располагању и на тај начин се може постићи компромис између опречних захтева изражених кроз робусност и ефикасност.

Значај овог истраживања се огледа у томе да очекивана решења описују нови приступ дизајну алгорита за праћење који је обogaћен способношћу адаптације на тренутне услове на сцени. Таква адаптација би била базирана на закључцима изведеним из анализе грешке праћења покретног објекта на термалној слици, на начин који до сада није познат у литератури. Дакле, статистичка анализа грешке даје увид у карактеристике типичних грешака и ситуација у којима се оне јављају, а коришћењем тих информација у пројектовању робусног естиматора се постиже баланс између робусности и ефикасности естиматора, као и раздвајање два различита типа грешке. У циљу илустрације актуелности предложене теме, као и у циљу навођења резултата од којих се полази и са којима ће предложено решење бити поређено, у наставку су наведене значајне референце из области, а које су у директној вези са предложеном темом:

- [2.1] M. Felsberg, „The thermal infrared visual object tracking VOT-TIR2015 challenge results,“ u *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*, 2015.
- [2.2] M. Felsberg et al. (2016) „The Thermal Infrared Visual Object Tracking VOT-TIR2016 Challenge Results. In: Hua G., Jégou H. (eds),“ u *Computer Vision – ECCV 2016 Workshops. ECCV 2016. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 2016, p. vol 9914..
- [2.3] M. Kristian, „The visual object tracking vot2017 challenge results,“ u *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. 2017*, 2017.
- [2.4] M. Kristan, „The sixth visual object tracking vot2018 challenge results,“ u *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 2018.
- [2.5] Q. Liu, X. Lu, Z. He, C. Zhang i W. Chen, „Deep convolutional neural networks for thermal infrared object tracking,“ *Knowledge-Based Systems*, t. 134, pp. 189-198, 2017.
- [2.6] Q. Liu, X. Li, Z. He, C. Li, J. Li, Z. Zhou i F. Zheng, „LSOTB-TIR: A Large-Scale High-Diversity Thermal Infrared Object Tracking Benchmark,“ *arXiv preprint arXiv:2008.00836*, 2020.
- [2.7] X. Li, Q. Liu, N. Fan, Z. He i H. Wang, „Hierarchical spatial-aware siamese network for thermal infrared object tracking,“ *Knowledge-Based Systems*, t. 166, pp. 71-81, 2019.
- [2.8] Q. Liu, X. Li, Z. He, N. Fan, D. Yuan i H. Wang, „Learning deep multi-level similarity for thermal infrared object tracking,“ *arXiv preprint arXiv:1906.03568*, 2019.
- [2.9] J. F. Henriques, R. Caseiro, P. Martins i J. Batista, „High-speed tracking with kernelized correlation filters,“ *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, t. 37(3), pp. 583-596, 2014.
- [2.10] M. Danelljan, G. Hager, F. Shahbaz Khan i M. Felsberg, „Learning spatially regularized correlation filters for visual tracking,“ u *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 2015.

- [2.11] E. Gundogdu, A. Koc, B. Solmaz, R. Hammoud i A. Aydin , „Evaluation of feature channels for correlation-filter-based visual object tracking in infrared spectrum,“ u *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern recognition Workshops*, 2016.
- [2.12] S. Xu i A. Chang, „Robust object tracking using Kalman filters with dynamic covariance,“ Cornell University, 2014.
- [2.13] D. Hu i J. Nan, „Research on target tracking based on improved SURF algorithm and Kalman prediction,“ u *First International Workshop on Pattern Recognition, International Society for Optics and Photonics*, 2016.
- [2.14] F. Jabar, S. Farokhi i U. Sheikh, „Object tracking using SIFT and KLT tracker for UAV-based applications,“ u *IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS)*, 2015.
- [2.15] H. Zhou, Y. Yuan i C. Shi, „Object tracking using SIFT features and mean shift,“ *Computer vision and image understanding*, t. 113, br. 3, pp. 345-352, 2009.
- [2.16] Y. Hongpeng, P. Chao, C. Yi i F. Qu, „A robust object tracking algorithm based on surf and kalman filter,“ *Intelligent Automation & Soft Computing*, t. 19(4), pp. 567-579, 2013.
- [2.17] H. Shuo, W. Na i S. HuaJun, „Object tracking method based on surf,“ *AASRI Procedia*, t. 3, pp. 351-356, 2012.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе дефинишу нулту тачку од које се креће у предложеном истраживању. Оне подразумевају позицију истраживачког оквира везаног за врсту естиматора који ће се користити за естимацију кинематских карактеристика праћеног покретног објекта, избор обележја који ће чинити елементе вектора стања, приступ у робустификацији естиматора, као и карактеристике базе слика које ће за потребе истраживања бити формиране и коришћене. У ту сврху су полазне хипотезе систематизоване на следећи начин:

1. Постојеће технике праћења покретних циљева на термалној слици не обезбеђују задовољавајуће перформансе;
2. Дескриптор на бази СУРФ одлика представља довољно добар дескриптор локалитета објекта, како у визуалном, тако и у термалном домену;
3. Алгоритам за праћење базиран на СУРФ детектору и дескриптору одлика уноси грешку чија статистика није стационарна и није позната у литератури;
4. Не постоји јавно доступна база података довољне дужине трајања са различитим типовима сценарија карактеристичним за праћење у термалном домену, а снимљеним под истим условима сцене, за детаљну статистичку анализу грешке;
5. Калман-ов естиматор јесте примерен естиматор за праћење објеката динамике каква се очекује у термовизијским сликама;

6. Калман-ов естиматор није довољно робустан у условима кретања, какви се очекују у карактеристичним сценаријима праћења објеката на термовизијским сликама, као што су појаве маневара и оклузија;
7. Робусни Калман-ов естиматор представља добро решење у случају појаве аутлајера у подацима, али може потпуно занемарити утицај маневра објекта од интереса и на тај начин нарушити перформансе алгоритма за праћење.

4. Научне методе истраживања

Током истраживања која су планирана предлогом ове докторске дисертације, доминанто ће бити коришћене методе анализе, синтезе, спецификације и генерализације. Конкретне појединости о појединим фазама истраживања и научним методама којима ће оне бити реализоване, дате су у следећим пасусима.

Прва фаза истраживања се односи на систематску анализу доступних алгоритама за решење проблема праћења покретног објекта на термалној слици. Током анализе је потребно извршити поделу различитих метода за праћење и изнети предности и недостатке. Веома битан део ове фазе је такође и систематска анализа јавно доступних база са секвенцама за праћење, са освртом на њихове карактеристике у смислу дужине трајања секвенце, присуства ситуација које представљају изазове у праћењу објеката и услова снимања, а ради тестирања рада алгоритма за праћење.

Друга фаза истраживања представља анализу одабраног СУРФ алгоритма за праћење. Како би се на адекватан начин могла извршити анализа одабраног алгоритма, формираће се нова база података за потребе ове дисертације. Нова база података ће омогућити детаљну статистичку анализу грешке одабраног алгоритма за праћење и представљаће основу, како за развој тако и евалуацију будућег робусног алгоритма.

Трећа фаза истраживања се односи на анализу робусних естиматора. Током ове анализе је потребно испитати различите моделе робусних естиматора, и одабрати оптимално решење за проблем који се испитује. При томе је потребно имати у виду да је циљ постизање баланса између робусности и ефикасности естиматора на начин да се естиматор може прилагодити тренутним условима сцене.

Четврта фаза представља примену научне методе синтезе, а у овој докторској дисертацији ће то бити дизајн робусног система за праћење на бази СУРФ алгоритма и робусног Калман-овог филтра који се прилагођава условима сцене. У овој фази истраживања се врши синтеза претходних истраживања и добијени резултати прилагођавају ради дизајна коначног система. Такође, ова фаза подразумева експериментално тестирање предложеног решења у различитим условима. У том смислу ће бити извршена генерализација добијених резултата са аспекта препознавања ограничења у примењивости развијених техника.

5. Очекивани научни доприноси

Иако је план истраживања у овој докторској дисертацији врло амбициозан и сваки од делова тог плана потенцијално обећава извесне научне доприносе, на овом месту сматрамо да је доминантно поменути најзначајније од њих, а то су:

1) формирање нове базе података за потребе статистичке анализе проблема праћења једног покретног објекта на термалној слици, која ће, са једне стране, бити довољно дуга да би задовољила врло строге критеријуме статистичког закључивања, а са друге стране бити довољно богата различитим врстама сценарија кретања покретног објекта;

2) статистичка анализа података са термалне камере и грешке одабраног СУРФ алгоритма за праћење. Ова анализа би требало да да одговоре на питања каква је врста расподеле грешке естимације, у којој мери је оправдана декорелација по појединим правцима у простору, у којој мери је нестационарност изражена и да ли се промене статистика или динамике корелације могу занемарити уколико се тип сценарија кретања објекта не мења;

3) дизајн новог робусног система за праћење покретних објеката у термалној слици који ће обезбедити добар компромис између ефикасности праћења и робусности на лоша мерења у секвенци, а који ће истовремено током рада алгоритма вршити процену тренутне контаминације аутлајерима и аутоматски подешавати параметре функције утицаја која је задужена за тај компромис.

Решења предложена у овој дисертацији описују нови приступ дизајну алгоритма за праћење са СУРФ дескриптором, који није до сада познат у литератури, јер недостатке СУРФ дескриптора отклања уз помоћ робусног Калман-овог филтра, а не додатним поправкама самог алгоритма који прати објекат од интереса.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру дисертације је у потпуности у складу са полазним хипотезама и очекиваним научним доприносима. Он се састоји од следећих истраживачких фаза:

1. Анализа рада постојећих алгоритама за праћење на термалној слици, уз посебан осврт на недостатке ових метода у условима промене сценарија кретања и присуства лоших мерења.
2. Формирање нове базе података за детаљну статистичку анализу грешке праћења по унапред дефинисаним критеријумима (довољан број фрејмова и различитих режима кретања за статистичку анализу).
3. Коришћењем стандардних, линеарних естиматора стања и новоформиране термалне секвенце биће генерисана серија вектора грешке естимације стања покретног објекта. Над

овом серијом података ће бити извршена исцрпна статистичка анализа која ће, даље, бити основ за следећи корак истраживања.

4. Пројектовање робусног система за праћење покретних објеката на термалној слици применом одабраног алгоритма и теорије робусне естимације, а на основу добијених резултата статистичке анализе грешке естимације.
5. Евалуација рада испројектованог алгоритма, како над постојећом серијом снимака са термалне камере, тако и са нових снимака који нису коришћени у фази пројектовања, а са циљем добијања веродостојних оцена рада алгоритма и дефинисања ограничења у његовој имплементацији.

Структура саме тезе ће у великој мери пратити предложене фазе истраживања. Осим уводног поглавља и закључка, предвиђено је три поглавља искључиво прегледног типа, као и два поглавља која укључују експерименталне резултате.

Након првог, уводног поглавља, следиће друго поглавље посвећено термалној слици, а које подразумева теоријски осврт на природу термалних слика и њихову анализу, као и могућности и ограничења термалних камера. Треће поглавље је посвећено области дигиталне обраде слике, основама и техникама које се најчешће користе у овој области. Четврто поглавље описиваће задатак праћења покретних објеката на термалној слици, са теоријским освртом на постојеће методе праћења као и њихове предности и мане, уз експерименталне резултате статистичке анализе грешке праћења. Пето поглавље је посвећено теорији естимације стања стохастичких система и подразумева области линеарне естимације, робусне естимације и робусних естиматора. Целокупан поступак дизајна робусног система који се прилагођава условима сцене као и експериментални резултати биће представљени у поглављу шест. Последња два поглавља садржаће закључке и коришћену литературу.

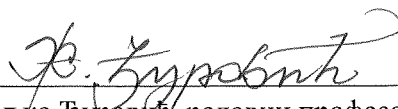
7. Закључак и предлог

Током писања овог Извештаја Комисија је узела у обзир све релевантне чињенице које формирају слику о подобности теме и кандидата за реализацију предвиђених истраживања. Имајући у виду резултате досадашњег рада кандидаткиње Наташе Влаховић који је показан у фази истраживања у оквиру докторске дисертације и њеног истраживачког искуства, Комисија је стекла неспорни утисак да кандидаткиња јесте способна за научно-истраживачки рад као и за реализацију предвиђених истраживања. Са друге стране, анализирајући предложену тему под називом „Робусно праћење покретних објеката на термалној слици“, стављајући је у контекст савремених, актуелних научних истраживања, сагледавајући наведене непосредне циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је у потпуности сагласна да оваква тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. При томе Комисија констатује да ова тема припада ужој научној области Управљање системима и обрада сигнала, да Електротехнички факултет Универзитета у Београду

јесте матичан за ову научну област, и при томе за ментора рада предлаже проф. др Жељка Ђуровића запосленог на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Уз Извештај је приложен списак радова проф. Жељка Ђуровића који га квалификују за ментора. У закључку овог Извештаја, а имајући у виду све напред наведено, Комисија има част да Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду предложи да прихвати тему докторске дисертације „Робусно праћење покретних објеката на термалној слици“ и да кандидаткињи Наташи Влаховић омогући да приступи њеној изradi.

У Београду, дана 25.02.2021.

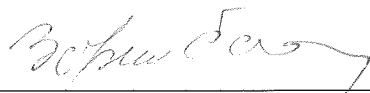
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Жељко Ђуровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



др Зоран Бањац, научни сарадник
Институт Влатаком



др Драгомир Ел Мезени, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет