

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр. Асема Ал-Хасаерија, дипломираног инжењера електротехнике, за израду докторске дисертације „Адаптивне технике у системима за праћење покретних циљева” (енг. „Adaptive techniques in target tracking systems”) која ће бити писана на енглеском језику.

Одлуком 5054/14-1 бр. од 22.06.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Асема Ал-Хасаерија за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Адаптивне технике у системима за праћење покретних циљева”. На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Асем Ал-Хасаери је рођен 06. августа 1966. године у Зувари у Либији. Основну и средњу школу је завршио у Триполију. Електротехнички факултет, одсек за рачунарску технику, је уписао 1984. године а дипломирао 1991. године са дипломским радом под називом "Симулација редова за чекање". Након дипломирања је био запослен у Електронском истраживачком центру у Триполију. Као стипендиста либијске владе, магистарске студије је уписао на Електротехничком факултету у Београду, на Одсеку за сигнале и системе. Све предмете предвиђене наставним планом и програмом је положио са просечном оценом 9.00 и септембра 2003. године је одбранио магистарски рад под називом "Примена техника препознавања облика у вођењу пројектила". У периоду од 2004. до 2014. године је наставио са радом у Електронском истраживачком центру у Триполију али је и хонорарно био ангажован на неколико високошколских установа, на предметима пројектовања и имплементације софтверских система. 2014. године је, опет као стипендиста либијске владе, уписан на докторске студије Електротехничког факултета у Београду, на одсеку за Управљање системима и обраду сигнала. Све испите предвиђене планом и програмом је положио са просечном оценом 9.30 и стекао је услов за пријаву докторске дисертације. Ожењен је и има четворо деце.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Област истраживања кандидата Асема Ал-Хасаерија покрива технике праћења покретних циљева и њихову софтверску имплементација. С обзиром да је у питању мултидисциплинарна област која је сродна теорији случајних процеса, теорији естимације и вештачкој интелигенцији, кроз програм предмета које је кандидат полагао током његових докторских студија, Асем Ал-Хасаери је стекао научно-истраживачко искуство из наведених научних дисциплина. Посебно треба навести његово искуство у пројектовању система за придруживање података у алгоритмима праћења. Као резултат научно-истраживачког рада на трећој години докторских студија, кандидат је испројектовао четири различита система за придруживање (два субоптимална, један заснован на ПДА (*Probability Data Association*) техници и четврти заснован на ЈПДА (*Joint Probability Data Association*) алгоритму, и извршио њихову детаљну компарацију. Осим тога, треба поменути његово искуство у пројектовању естиматора стања, за праћење кинематике покретних објеката, а у условима изостајања детекције од објеката, односно смањене вероватноће детекције. Кандидат је положио све испите на докторским студијама са просечном оценом 9.30/10.00. То су испити Дигитална обрада сигнала, Енглески језик, Линеарни робусни системи, Технике обраде и препознавања говорног сигнала, Термовизија, Праћење покретних циљева, Аутоматско вођење објеката у простору, Класификација и естимација сигнала, Неуралне мреже и Оптимални и адаптивни стохастички системи.

Такође није без значаја искуство које је кандидат стекао током рада у Електронском истраживачком центру у Триполију, где се бавио бежичним комуникацијама и софтверским апликацијама за њихову подршку. Током овог рада, кандидат је стекао значајне вештине из области развоја софтвера, што ће бити од велике користи приликом рада на предложеној докторској дисертацији.

Досадашњи резултати кандидата су приказани кроз неколико публикација које су презентована на међународним и националним конференцијама.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (МЗЗ)

- [1] **Asem Al-Hasaeri**, Predrag Tadić, Aleksandra Marjanović, Željko Đurović, On the Robustness of Target Tracking with Respect to Errors in Parameter Values, 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2018, Palić, Srbija, Jun, 2018.
- [2] **A. Al-Hasaeri**, P. Tadić, A. Marjanović, Ž. Đurović, Analysis of a method for mitigating miscorrelations in target tracking algorithms, 4th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2017, Kladovo, Serbia, Jun, 2017.
- [3] S. Vujnovic, **A. Al-Hasaeri**, P. Tadić, G. Kvascev, Acoustic noise detection for state estimation, Proceedings of 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2016), pp. AU14.6.1-5, Zlatibor, Serbia, 2016 (ISBN: 978-86-7466-618-0) Best Section Paper Award

Дана 04.07.2018. године Асем Ал-Хасаери је полагао испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: др Предраг Тадић, доцент, др Милан

Рапаић, ванредни професор, др Марија Рашајски ванредни професор и др Александра Марјановић, доцент. Оцена Комисије је да је кандидат Асем Ал-Хасаери на том испиту добио оцену: задовољно.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У циљу формирања овог Извештаја, чланови Комисије су узели у обзир све претходно наведене чињенице и резултате досадашњег рада кандидата Асема Ал-Хасаерија. Комисија је узела у обзир и све специфичности кандидатовог образовања и радног искуства, с обзиром да је његов већи део стечен у Либији. Није безначајна ни чињеница да је кандидат значајан део свог радног ангажовања провео у високошколским установама где је учествовао у настави електротехнике и рачунарства на различитим нивоима студија. Узимајући у обзир све наведене компоненте које чине истраживачки профил кандидата за докторску дисертацију, Комисија је стекла увид у способности кандидата за научно-истраживачки рад, као и његове могућности, да током израде предложене докторске дисертације, оствари резултате који могу бити приказани и валоризовани од стране међународне научне заједнице. Став Комисије је позитиван и након детаљног образложења саме теме предложиће да она буде усвојена, а кандидату дата могућност да настави са израдом докторске дисертације.

2. Предмет, циљ и значај истраживања

Иако су системи за праћење покретних циљева доживели своју потпуну афирмацију и обезбедили себи простор у научној заједници чувеним радом *"An Algorithm for Tracking Multiple Targets"* аутора Donald-a Raid-a давне 1979-те године, последње четири деценије је ова област изузетно жива и богата великим бројем значајних, па често и револуционарних идеја. Разлога за овако активно интересовање многих научника у свету за ову интердисциплинарни област има много, али генерално говорећи, могу се издвојити три најважнија. Први разлог који сведочи о актуелности ове теме јесте све већа количина материјалних средстава које развијене земље улажу у системе за надгледање, надзор и заштиту објеката и људи. Седамдесетих и осамдесетих година прошлог века системи који су захтевали интелигенцију у облику праћења више покретних циљева су доминантно били радарски и сонарни системи. Међутим, са развојем друмског и ваздушног саобраћаја, потребом да се он прати и да се њиме управља, све израженијим сателитским саобраћајем и апликацијама које се на њега ослањају, са еволуцијом форми специјалног рата, субверзивним и терористичким активностима, праћење покретних циљева у смислу праћења животиња и особа на отвореним, а нарочито затвореним просторима, аутобуским и метро станицама, аеродромима, прометним раскрсницама и слично, праћење покретних објеката постаје научна дисциплина са много сложенијим захтевима, са све рестриктнијим ограничењима и све израженијим облицима неодређености.

Други разлог, због кога је ова област већ деценијама врло активна, лежи у технологији која прати све сложеније захтеве. Док су у почетку једини сензори били радари за извиђање ваздушног простора и сонари у мору, у међувремену су се, као последица технолошког развоја, појавиле читаве фамилије нових уређаја као што су термовизијске и телевизијске камере, сеизмички детектори, Доплер-детектори, детектори покрета, извиђачки радари, ласери, лидари и многи други сензори. На тржишту се могу наћи и

системи који врше фузију мерења добијених са различитих уређаја. На тај начин, богатом палетом мерних сигнала различитих природа и прецизности, даје се простор за унапређење техника за праћење покретних циљева. А коначно, то је и трећи разлог због кога су ови проблеми, и дан данас, изазовни. Наиме, у последњих неколико деценија је светлост дана угледало много различитих техника и алгоритама за праћење једног или више покретних циљева. За почетак, као генеричко решење Donald Reid је предложио технику више хипотеза, а онда су се у литератури појавиле читаве генерације проширених, модификованих или превазиђених приступа, као што су PDA (*Probability Data Association*), JPDA (*Joint Probability Data Association*), ANN (*All Nearest Neighbours*), MHT (*Multiple-Hypothesis Tracking*), MTT (*Multiple-Target Tracking*) и тако даље.

Системи за праћење покретних циљева, независно од њиховог типа, и независно од врсте сензора који служе за прикупљање одраза и информација о објектима, се могу поделити у четири подсистема. Први од њих јесте такозвани генератор прозорских функција који у целокупном простору осматрања издваја регион од интереса, други је блок који се назива менаџером праћених трагова који на одговарајући начин свакоме од њих придружује и ажурира статус, трећи је филтар који води рачуна о кинематици кретања сваког од објеката, и последњи је блок за придруживање, тј. асоцијацију мерења. Овај, блок је изузетно сложен с обзиром на бројне конфликте који су приликом придруживања врло вероватни. Ова докторска дисертација има за циљ допринос управо у блоку за асоцијацију. Готово све технике за придруживање мерења траговима подразумевају да су на располагању и позната два кључна статистичка параметра која карактеришу понашање објекта у окружењу. Један од тих параметара је вероватноћа детекције објекта док је други густина лажних одраза, или како се често у литератури каже, аларма. Ови параметри по правилу нису познати, а често су и временски променљиви. Отуда ће тема ове дисертације бити увођење адаптивности у технике за праћење покретних циљева а на основу адаптивне естимације параметара објекта и окружења.

У дисертацији ће бити описан поступак естимације ових параметара приступом максималне веродостојности. Извршиће се детаљна анализа особина ових естиматора, њихова примењивост у системима за праћење покретних циљева, а биће предложена и итеративна форма естиматора која ће омогућити праћење ових параметара у условима њихове временске нестационарности.

Истраживање током израде докторске дисертације ће углавном бити базирано на следећој литератури:

- [1] Donald B. Reid, „An Algorithm for Tracking Multiple Targets“, IEEE Trans. On Automatic Control, vol. AC-24, No. 6, Dec. 1979, pp. 843-854.
- [2] Samuel Blackman, „Multiple Hypothesis Tracking For Multiple Target Tracking“, IEEE A&E Systems Magazine, vol. 19, No. 1, Jan 2004, part 2: Tutorials-Blackman, pp. 5-18.
- [3] Ji Zhang, Yu Liu, „Single Maneuvering Target Tracking in Clutter Based on Multiple Model Algorithm with Gaussian Mixture Reduction“, Journal of Applied Research and Technology, vol 11, Oct. 2013, pp. 641-652.
- [4] Darko Mušicki, Barbara F. La Scala, Robin J. Evans, „Integrated Track Splitting Filter-Efficient Multi-Scan Single Target Tracking in Clutter“, IEEE Trans. On Aerospace and Electronic Systems, vol 43, No. 4, Oct. 2007, pp. 1409-1425.

- [5] P. Braca, M. Guerriero, S. Marano, V. Matta, P. Willett, „Selective Measurement Transmission in Distributed Estimation with Data Association“, IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 58 (8), Aug. 2010.
- [6] S. Coraluppi, C. Carthel, „Generalizations to the Track-Oriented MHT Recursion“, Proc. Of the 18th Inter. Conf. on Information Fusion, Washington DC, USA, July 2015.
- [7] Q. Yu, G. Medioni, “Multiple-Target Tracking by Spatiotemporal Monte Carlo Markov Chain Data Association”, IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 31 (12), Dec. 2009.
- [8] B. Habtemariam, R. Tharmarasa, T. Thayaparan, M. Mallick, T. Kirubarajan, „A Multiple-Detection Joint Probabilistic Data Association Filter“, IEEE Journal of Select. Topics in Signal Proc., vol. 7(3), June 2013.

3. Полазне хипотезе

Истраживачке активности везане за наведену тему су засноване на следећим полазним хипотезама:

- Да је на основу секвенце опсервација у узастопном низу прозорских функција у неком од система за праћење покретних циљева, могуће методом максималне веродостојности проценити параметре као што су вероватноћа детекције циља и густина лажних аларма,
- Да је геометријска локација одраза од праћеног објекта Гаусовски расподељен случајни вектор са математичким очекивањем у тачки предикције коју генерише Калманов филтар, а да је коваријациона матрица блиска матрици коју у кораку предикције генерише филтар,
- Да је број лажних аларма случајна променљива са Пуасоновом расподелом непознате средње вредности коју треба проценити на основу секвенце одраза,
- Да је геометријска локација лажних аларма униформно расподељена по простору претраживања,
- Да је прозорска функција дефинисана у оквиру система за праћење покретних циљева довољно мала како би се смањила вероватноћа догађаја да лажни аларм буде проглашен за одраз од циља и довољно велика како би статистички репрезентовала појаву лажних аларма,
- Да су процене вероватноће детекције циља и густине лажног аларма, засноване на принципу максималне веродостојности, померене, али да су помераји детерминистичке функције које зависе од величине прозорске функције, праве вредности непознатих параметара и дужине секвенце опсервација, па се сходно томе могу извршити корекције процене,
- Да је могуће у реалном времену пратити промену вероватноће детекције циља која потиче од промене ефективне рефлексивне површине објекта као и промену густине лажног аларма која потиче од геометријске дислокације прозорске функције.

4. Методе истраживања

Током израде тезе од научних метода истраживања доминантно ће бити присутне технике анализе, апстракције, спецификације и коначно синтезе.

Први део истраживања ће бити посвећен прегледу постојећих резултата из области праћења покретних циљева, са посебним освртом на блок придруживања података. У том контексту ће посебна пажња бити посвећена могућности адаптације поступака асоцијације опсервација траговима. Овај ће се сегмент истраживања доминантно ослонити на методе анализе.

Значајан део истраживања ће покрити анализу утицаја недостатка априорних информација о статистикама праћених објеката и окружења на квалитет праћења. С тим у вези биће дефинисана и мера квалитета праћења која ће узети у обзир не само средњу квадратну грешку естимације положаја објекта од његове објективне позиције већ и вероватноћу брисања трага као и временско кашњење до његове иницијализације. У циљу реализације ових задатака биће испројектован комплетан систем за праћење покретних циљева, са различитим опцијама за придруживање података, као и са различитим сценаријима трајекторије циљева. И овај део истраживања ће бити реализован кроз метод анализе.

Техникама генерализације и спецификације ће бити формиран општи симулациони модел који ће у себи садржати врло генералне форме трајекторија, врста маневара, начина генерисања одраза и лажних аларма, као и међусобне сценарије позиције опсервација у прозорским функцијама. Идеја је да се комплетна анализа и синтеза ослони на правоугаоне прозорске функције, верујући да промена геометријске форме овог објекта не може значајно утицати на добијене резултате.

Коначно, методом синтезе, биће предложен нови систем за адаптацију процедуре за придруживање података а на основу процењених параметара као што су вероватноћа детекције циља и густина лажних одраза. Ова форма адаптивности мора да произађе као резултат компромиса за што мањом варијансом грешке естимације параметара у условима њихових стационарних статистика, али истовремено могућност праћења промена тих параметара. Са посебном пажњом ће бити анализирана динамика промене која се на овај начин може пратити.

5. Очекивани научни доприноси

Током истраживања које се предлаже кроз ову докторску дисертацију очекују се следећи научни доприноси:

- исцрпан преглед постојеће литературе у области техника асоцијације у системима за праћење покретних циљева;
- пројектовање адекватног сценарија кретања покретних објеката у простору а са циљем увођења критеријума за нумеричко поређење система за праћење покретних циљева;
- детаљна анализа предности и недостатака различитих система за праћење са посебним акцентом на рад система у условима одсуства априорне информације о статистикама циљева и окружења;
- нове методе за естимацију вероватноће детекције циљева и процену густине лажних аларма засноване на принципу максималне веродостојности;

- анализа нове естимационе процедуре у смислу помераја и варијансе естиматора и њихове зависности од дужине временског прозора над којим се врши процена, величине прозорске функције и вредности самих параметара који се естимирају;
- предлог нове, адаптивне процедуре за прилагођавање технике придруживања података промени статистичких параметара који карактеришу покретни објекат и окружење у коме се он креће;
- експериментална анализа предложеног решења у условима блиским реалности.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру ове дисертације састоји се из следећих кључних корака:

- детаљни преглед постојећих решења са посебним акцентом на ограничења метода у условима непознавања актуелних статистика објеката и окружења;
- анализа утицаја непознавања или поседовања погрешних статистичких параметара система на квалитет праћења покретних објеката;
- примена методе максималне веродостојности за процену вероватноће детекције циља и густине лажних аларма, као и експериментална анализа квалитета ових процена;
- увођење система адаптације у процени непознатих статистичких параметара а са циљем праћења ефективне рефлексивне површине објекта као и промене географске локације на којој се објекат прати;
- вршиће се велики број симулација у различитим сценаријима са становишта броја циљева, динамике промене рефлексивне површине и динамике промене статистике окружења, а са циљем нумеричке евалуације примењивости предложеног алгорита.

Структура саме тезе ће у великој мери пратити предложене фазе истраживања. Осим уводног поглавља предвиђено је и поглавље прегледног типа у коме ће бити приказани постојећи системи за праћење покретних циљева. Са посебном пажњом ће бити обрађени елементи задужени за естимацију кинематских стања објеката као и целина која је одговорна за придруживање података. Ова два сегмента су од посебног значаја јер су најосетљивији на непознавање статистичких параметара детекције објеката и присуства лажних аларма. Иза тога ће посебно поглавље бити посвећено предлогу нове технике за процену наведених непознатих статистичких параметара применом технике максималне веродостојности. У овом поглављу ће бити извршена и детаљна анализа статистичких особина ових естиматора. У оквиру ове анализа биће покривена зависност помераја и варијансе естиматора од величине прозорске функције и дужине временског низа одраза над којима се врши естимација. Као резултат ове анализе очекује се метод за корекцију помераја естиматора. Следеће поглавље ће бити посвећено истраживању у циљу пројектовања адаптивне технике за процену статистичких параметара, како би процедура била примењива и у условима нестационарних окружења и карактеристика објекта, што је врло блиско реалности. На крају рада ће се налазити закључци и списак коришћене литературе.

7. Закључак и предлог

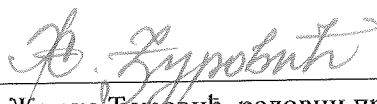
Током писања овог Извештаја Комисија је узела у обзир све релевантне чињенице које формирају слику о подобности теме и кандидата за реализацију предвиђених истраживања. Имајући у виду резултате досадашњег рада кандидата Асема Ал-Хасаерија који је показан у фази истраживања у оквир у дисертације, Комисија је стекла неспорни

утисак да кандидат јесте способан за научно-истраживачки рад као и за реализацију предвиђених истраживања. Са друге стране, анализирајући предложену тему под називом „Адаптивне технике у системима за праћење покретних циљева” 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 „Адаптивне технике у системима за праћење покретних циљева” и да кандидату Asemu Al-Hasaeriju омогући да приступи њеној изради.

У Београду
дана 30.08.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



др Предраг Тадић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милан Рапаић, ванредни професор
Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука



др Марија Рашајски, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Александра Марјановић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет