

На 741. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду, одржаној 27.12.2011. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације мр Звонко Радосављевића, магистра електротехнике, под насловом "Придруживање података Сингеровим меморијским филтром за праћење покретних циљева у густом клатеру ". Након прегледа добијеног материјала, Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

Кандидат мр Звонко Радосављевић, рођен је 16.05.1960.године у Београду. Уписао је Електротехнички факултет Универзитета у Београду 1979. године, на коме је дипломирао 1984. године, на Одсеку за Електронику, смер Телекомуникације, са просечном оценом 7.77 у току студија. Тема дипломског рада је била "Прорачун вероватноће грешке у системима преноса оптичким влакнима". Годину дана касније уписао је постдипломске студије (по старом програму) на смеру Телекомуникације које је завршио и магистрирао 2000. године, са просечном оценом 8.71 у току студија.

Тема магистарског рада је била "Откривање и детекција покретних циљева у ваздуху применом термовизије" код ментора академика проф. Александра Маринчића, децембра 2000. године. Овај магистарски рад урађен је у Војнотехничком Институту Београд, у коме је кандидат запослен од 1988. године. У звање истраживач сарадник кандидат је изабран 2006. године. Руководио је истраживачким задацима националног значаја под називом "Праћење и контрола суверенитета ваздушног простора изнад територије Републике Србије помоћу осматрачког радара" и учествовао истраживачким пројектима Владе Републике Србије, везаним за технолошка решења обезбеђења државне границе.

Радови кандидата објављени у врхунским међународним часописима (M21):

[1] Song Taek. Lyul., Mušicki Darko, Da Sol Kim, and Radosavljević Zvonko, "Gaussian Mixtures in Multi Target Tracking; a Look at GMPHD and ITS", IET Radar, Sonar & Navigation. November 2011. (Accepted for Publications).

Радови кандидата објављени у зборницима међународних конференција (M33):

[1] Nikolic M., Radosavljevic Z., Obradovic LJ., Novkovic M. An Example of Complete Track Initiation, Maintenance and Termination Method, 3rd Scientific expert conference with international participation OTEH 2009. Belgrade, 08-09. oktober 2009.

[2] Zvonko Radosavljević, Darko Mušicki, "Limits of target tracking in heavy clutter", ASIA-Pacific International Conference of Synthetic Aperture Radar APSAR 2011, Seoul, Republic of Korea., September 2011.

Поред тога кандидат је у последњој декади објавио 27 радова из области Телекомуникација и Обраде сигнала. Од тога, објавио је 5 радова у водећем часопису националног значаја, 6 радова у часопису националног значаја и 16 радова саопштених на скуповима националног и међународног карактера и штампаних у целини. У последњих пет година објавио је укупно 18 радова.

Кандидат је објавио и 4 рада интерног карактера. Радови интерног карактера реализовани су у оквиру Научно-истраживачких задатака "Мултисензорски систем контроле ваздушног простора на прилазима изнад територије Републике Србије". Тренутно води један

истраживачки задатак Управе за Одбрамбене Технологије Војске Србије и учествује на још два истраживачка задатка, везаних за Фузију података са сензора.

На основу увида у поменуте библиографске извора, Комисија је закључила да је кандидат Звонко Радосављевић подобан за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет интензивног истраживања су две предложене методологије праћења покретних циљева. Једна је “Integrated Track Splitting” (ITS), а друга “Probability Hypothesis Density” (PHD) филтер. Недостатак теоријског и практичног поређења између те две методе један је од узрока проблема који се јављају у практичним применама праћења покретних циљева. Други узрок проблема реализације јесте хеуристичка методологија одређивања параметара филтера. Оптимална имплементација ITS алгоритама има комплексност која расте експоненцијално са временом, тако да је избор под-оптималне имплементације ITS нужно зло.

Систематска теоријска обрада и практична упутства примене ITS филтера нису објављени. FTD (False Track Discrimination) је веома важна особина система за праћење и односи се на процедуру одбацивања лажних и потврђивања стварних трагова. ITS (Integrated Track Splitting) филтер је ефикасна метода за аутоматско праћење циљева у окружењу клатера (шума). Праћење трага у ITS методи такође укључује естимацију трајекторије циља у облику скупа међусобно искључивих компоненти које расту експоненцијално у сваком скену као резултат њихове интеракције са пристиглим мерењима. Контрола броја компоненти се остварује 'отсецањем' слабих компоненти (prune) или 'сједињавањем' компоненти са блиским трајекторијама циља (merge).

Основни циљ истраживања је дефинисање граница изводљивости праћења циљева у окружењу густог клатера при малим вероватноћама детекције циља. Однос између FTD и контроле комонената је истраживање које треба да резултује практичним упутством за коришћење ITS филтра.

3. Полазне хипотезе

Полазне претпоставке у процесу истраживања чине две, у овом тренутку доминанте методологије у области радарског праћења. У једној се функција густине вероватноће третира у складу са Гаусовом (нормалном) расподелом док се друга базира на филозофији Диракових 'делта' функција. Поред тога, обе методологије садрже неодређеност асоцијације података која може директно да утиче на ефикасност праћења. Квалитетно решење ове неодређености може превагнати у доношењу коначне одлуке о избору методе праћења.

У том смислу основу истраживања чине две предложене методе праћења покретних циљева (ITS и PHD филтер). Теоријско и практично поређења двају метода један је од узрока проблема који се јављају у практичним применама праћења покретних циљева.

Оптимална имплементација ITS алгоритама има комплексност која расте експоненцијално са временом, тако да је избор под-оптималне имплементације ITS нужно зло. Посебно, у отвореној литератури и практичним имплементацијама често спомиње Сингеров меморијски филтер као ефикасна метода у решавању проблема асоцијације (придруживања) података.

4. Научне методе истраживања

Пратећи стандардне претпоставке праћења циља сензором коначне резолуције (свако мерење потиче од једног извора) и тачкастог циља (сваки циљ може да креира једно мерење по скену са вероватноћом детекције) могу се установити полазне хипотезе дисертације кандидата. Оне се заснивају на процени параметара и стања система за праћење на основу мерења са сензора. Углавном, познат је извор мерења па се процена врши стандардним методама (Kalman-

Вису филтер). Асоцијација података је неопходна у ситуацијама када није познат извор мерења. Та мерења могу потицати од циљева или случајних објеката. Извор сваког мерења је непознат. Мерења која потичу од циљева нису поуздана, јер су у сваком интервалу мерења присутна само са одређеном вероватноћом детекције. Нежељена мерења (клатер) се појављују случајно, и моделирају Поасоновим процесом.

Број циљева и њихово постојање су непознати, тако да је примарни задатак придруживања података да се одреди постојање и број циљева у простору осматрања.

То подразумева примену теоријских метода које из скупа пристиглих мерења у току једног временског циклуса окретања антене издвајају оне подскупове које потичу од постојећих циљева или које потичу од неких нових циљева. Остале детекције могу се сматрати "лажним алармом" и последица су утицаја клатера и шума у каналу. Поред тачних трагова иницијализују се и лажни трагови (који не прате циљеве).

Постоји веома обимна литература везана за истраживања и примену метода за радарско праћење покретних циљева. Основна као и посебна општа литература која је коришћена при обради теме дисертације кандидата:

- [1] R. Singer, R. Sea and K.Housewright," Derivation and evaluation of improved tracking filter for use in dense multitarget environments",IEEE Transactions on Information Theory. Vol. 20, no. 4, pp. 423-432. July 1974.
- [2] D. Reid, An algorithm for tracking multiple targets" IEEE Trans. AC, vol. AC-24, no. 6, pp. 843–854, 1979.
- [3] Y. Bar Shalom and T.E.Fortman,"Tracking and Data Association,"Best Academic Press, San Diego,1988.
- [4] D. Mušicki, R. Evans and S. Stanković, "Integrated probabilistic data association " IEEE Transactions on Automatic Control Systems paper,Vol 37, No. 3, pp. 1237–1241, June 1994.
- [5] S. Blackman and R. Popoli, "Design and Analysis of Modern Tracking Systems“, Artech House, 1999.
- [6] D. Mušicki, and R. Evans, "Linear Joint Integrated Probabilistic Data Association- LJIPDA", in 41st IEEE CDC Conference, Las Vegas, Dec. 10-13, 2002
- [7] T.L.Song, D. Mušicki, 'Target Existence Based Resource Allocation', IEEE Transactions on Signal Processing, Volume: 58 Issue:9 page(s): 4496 – 4506, September 2010.

5. Очекивани научни допринос

Основни научни доприноси који се очекују од докторске дисертације су:

- Подоптимална ITS метода за праћење покретних циљева у окружењу густог клатера ће бити теоријски испитана, што треба да резултује у одређеним упутствима за практичну примену алгорита. То ће значајно олакшати практичну примену смањујући број параметара који се морају одредити методологијом "случајних узорака". Поред тога, теоријска веза и поређење ITS И PHD техника за праћење радарских циљева биће значајан допринос теорији Асоцијације Података
- Проширење могућности практичне примене алгорита асоцијације података, специјално у области даљинског осматрања кроз дефинисање граница практичне примене технике ITS (у смислу вероватноће детекције и густине мерења клатера).

- Практична примена која се огледа кроз резултате симулација треба да покаже оправданост примене веће дубине историје Сингеровог меморијског филтра у циљу подизања нивоа статистике стварних потврђених трагова. Експериментално одређена дубина историје мерења од којих потиче компонента трага детерминише засићење FTD дијаграма и није до сада објављена у отвореној литератури.

6. План истраживања и структура рада

План и методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације састојали би се од теоријског и практичног дела.

У теоријском делу потребно поставити математичке основе естимације параметара обе предложене методе (ITS и PHD) за праћење покретних циљева као и елементе придруживања података Сингеровим меморијским филтером. Ови модели су заснивани на Бајесовим правилима условне и тоталне вероватноће као и *Chapman-Kolmogorof*-љевој теорему вероватноће.

У практичном делу тезе, користе се интензивне Монте-Карло симулације коришћењем случајног поасоновог генератора с 500 пролаза и симулационим сценаријом праволинијског кретања циља у 50 скенова. Симулације треба да покажу оправданост примене веће дубине историје у циљу подизања нивоа стварних потврђених трагова. Упоредиће се разлика FTD дијаграма узимањем различите дубине историје мерења за компоненте трага., на принципу познатог Сингеровог 'N-scan-memoгу' филтра.

Такође, треба експериментално одредити довољну дубину историје мерења од којих потиче компонента трага, при којој долази до засићења FTD дијаграма. Фазе које су предвиђене у експерименталном делу тезе су:

- Експеримент праћења у окружењу клатера (без циља) са 500 пролаза и 50 радарских скенова за густину клатера $\rho = 10^{-4} [1/m^2]$, дубина Сингерове меморије од 1 до 9 скенова, у циљу одређивања прага потврђивања трагова.
- Извођење експеримената праћења у окружењу клатера са покретним циљем на генерисаној бази података са 500 пролаза и 60 радарских скенова за вероватноће детекције циља од $P_D = 0.4$ до $P_D = 0.6$, за густину клатера $\rho = 10^{-4} [1/m^2]$ за дубину Сингерове меморије од 1 до 9 скенова.
- Извођење експеримената праћења покретног циља на генерисаној бази података са 500 пролаза и 50 радарских скенова за вероватноће детекције циља од $P_D = 0.7$ до $P_D = 0.9$, за густину клатера $\rho = 10^{-4} [1/m^2]$ за дубину Сингерове меморије од 1 до 9 скенова.
- Извођење експеримената праћења покретног циља из претходне тачке коришћењем познате IPDA методе, у циљу упоређивања добијених резултата
- Анализа експериментално добијених резултата у циљу одређивања засићења добијених кривих односно довољну дубину историје мерења од којих потиче компонента трага, при којој долази до засићења FTD дијаграма..

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија сматра да кандидат мр Звонко Радосављевић, магистар електротехнике, испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације.

Резултати до којих кандидат треба да дође имали би значајан допринос у области теорије естимације и радарског праћења покретних циљева у окружењу густог клатера.

Узимајући у обзир све до сада поменуте чињенице, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Звонку Радосављевићу одобри израду докторске дисертације под називом:

"Придруживање података Сингеровим меморијским филтром за праћење покретних циљева у густом клатеру".

У Београду, 20.01.2012. године,

Чланови Комисије:

др Бранко Ковачевић
редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду

др Дарко Мушицки
Professor, Hanyang University, Republic of Korea
Principal Research Fellow, University of Melbourne, Australia

Доц. др Стевица Граовац
Електротехнички факултет Универзитета у Београду