

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Abdalgalil Alsagir Abdulla, магистра електротехнике, за израду докторске дисертације под радним називом „Алгоритам праћења покретних објеката у секвенци слика применом честичног филтра“ (енг. „One Particle Filter Based Algorithm of Tracking of a Moving Object in the Sequence of Images“), која ће бити писана на енглеском језику.

Одлуком број 5048/15-1 од 23.10.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Abdalgalil Alsagir Abdulla за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Алгоритам праћења покретних објеката у секвенци слика применом честичног филтра“. На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисије подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Abdalgalil Alsagir Abdulla је рођен 13/08/1962 у Триполију, Либија. Звање бachelора аеронаутичког инжењерства је стекао на Faculty of Engineering, Tripoli University, Libya, 1986. г. Након дипломирања се запошљава у Истраживачко развојном центру (R&D Ал-Fatah Centre) у Триполију у којем је радио на следећим пословима: У периоду од 1989. до 1996., као аеронаутички инжењер, на пословима прелиминарног дизајна турбо пумпе и симулационим програмима за симулацију рада динамичких система са два и шест степени слободе. У периоду од 2000. до 2010., ради као шеф групе за дизајн одсека аутопилота, као и на конкретним пословима развоја аутопилота ваљања и Matlab програма за симулацију лета ракете земља-земља са шест степени слободе. Од 2011. до 2015. ради као предавач на College of Civil Aviation and Meteorology у Триполију, Либија и то на предметима: Теорија клипних машина, Увод у аеродинамику, Аутоматско управљање и Пренос топлоте. На овом колеџу је обављао и функције шефа одсека за питања наставе, испита и дипломских радова. На научном и стручном усавршавању је у два маха боравио у Београду. Од 1997. до 2000. је са успехом похађао магистарске студије на одсеку за Аутоматику, Електротехничког факултета, где је 2000. г. стекао звање магистра електротехнике одбраном магистарске тезе под називом: „Digital Autopilot Design for Control of Normal Acceleration“ („Развој дигиталног аутопилота за управљање нормалним убрзањем“). У периоду 2004. – 2005. је такође у Београду похађао специјалистички курс у области развоја система вођења и управљања за ракету земља-земља. Од 2016. г. је као стипендиста либијске владе студент на докторским студијама на одсеку за Управљање системима и обраду сигнала Електротехничког факултета у Београду. Положио је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9.30 и стекао услов за пријаву докторске дисертације. Кандидат је ожењен и отац двоје деце.

1.2 Стечено научноистраживачко искуство

Област истраживања кандидата Abdalgalil Alsagir Abdulla односи се на праћење покретних објеката у секвенци телевизијских слика. Ради се о мултидисциплинарној области при чему су примарне дисциплине Обрада слике и Праћење покретних циљева. У том смислу је конципиран програм његових испита на докторским студијама који је обухватио: Одабране примене дигиталне обраде слике и Термовизију (из прве дисциплине), као и Праћење покретних циљева, Класификацију и естимацију сигнала и Оптималне и адаптивне стохастичке системе (из друге дисциплине). Такође су обухваћени предмети који се односе на непосредну примену праћења покретних циљева као што су: Аутоматско вођење објеката у простору, Аутономни роботски системи без људске посаде и Сложени мулти-агент системи.

Кандидат је показао врло добре резултате током рада на овладавању овом тематиком, тако да је самостално развио програмску подршку за синтезу секвенци слика намењену за симулацију кретања скупа возила на путу, а у сврхе рачунарског окружења за анализу проблема праћења лика возила у секвенци кадрова, управљања кретањем возила у циљу избегавања колизије са препрекама, праћењу задате трајекторије и сл. Упоредо је значајне резултате постигао и у реализацији софтверске подршке у Matlab окружењу за имплементацију алгоритама праћења заснованих на Калмановом (Kalman) и Честичном (Particle) филтру.

Резултати истраживања кандидата били су тема следећих радова презентованих на међународним конференцијама IcETRAN:

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)

1. I. Vujanović, A. Abdulla and S. Graovac, 'An Image Processing Based Motion Tracker and Estimator for Traffic Control Purposes', Etran 2017, Kladovo, Serbia
2. A. Abdulla, A. Rodić, and S. Graovac, 'Vehicle Collision Avoidance in a Dynamic Road Traffic Scenario', Etran 2018, Palic, Serbia
3. A. Abdulla, and S. Graovac, 'Comparative analysis of the usage of different image descriptors in object's video tracking', Etran 2019, Srebrno jezero, Serbia

Дана 10/11/2020. године Abdalgalil Alsagir Abdulla је полагао испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: др Жељко Ђуровић, редовни професор, ЕТФ, др Милан Прокин, редовни професор, ЕТФ, др Зоран Бањац, научни сарадник, Vlatasom Институт, Београд.

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 Abdalgalil Alsagir Abdulla. Комисија је узела у обзир специфичности кандидатовог истраживачко-развојног радног искуства у Истраживачком центру у Либији, као и његовог ангажовања на високошколској установи у Триполију, у настави на предметима везаним за области аутоматског управљања и аеронаутичког инжењерства. Комисија је такође стекла увид у способности кандидата за научно-истраживачки рад кроз магистарске студије на ЕТФ, а посебно током докторских студија на ЕТФ. Став комисије је да кандидат поседује способности да током израде предложене докторске дисертације оствари резултате који могу бити приказани и валоризовани од стране међународне научне заједнице. Комисија ће након детаљног образложења саме теме предложити да она буде усвојена, а кандидату дата могућност да настави са израдом докторске дисертације.

2. Предмет, циљ и значај истраживања

Научна област која се тиче метода праћења покретних објеката је зачета у војним применама, првенствено у осматрању ваздушног простора и праћењу летилица помоћу радарских уређаја. Временом су потребе за праћењем објеката у простору постајале све разноврсније, а развој технологије је омогућио да се за ове потребе користе све већи број сензора у различитим опсезима електромагнетног зрачења. Последњих деценија је за ове сврхе нарочито на значају добила примена камера, односно, обрада секвенци слика у видљивом и/или инфра-црвеном делу спектра. Предности коришћења камера у праћењу леже у њиховој једноставности, приступачности, економичности и релативно високој робусности. Обрада секвенце слика у циљу издвајања и праћења објекта од интереса, посебно је фаворизирана у низу примена у саобраћају, [1,2]. С једне стране, може се говорити о применама у контроли саобраћаја на путевима, где се камера лоцира уз пут и праћењем кретања возила на путу омогућује контролу параметара кретања (брзине, заузећа исправне траке на путу, проласка кроз семафоризовану раскрсницу итд.), док се пак иста проблематика појављује и код савремених уређаја за

аутономно управљање возилима, када је камера лоцирана на покретном возилу, а обрада секвенце слика се врши у циљу одређивања релативног растојања и релативне брзине у односу на препреке, препознавања саобраћајних знакова поред пута и сл.

Основну тешкоћу у примени обраде слике на праћење покретних објеката представља чињеница да слика поседује обиље информација и да је полазни проблем како окарактерисати део слике који представља објекат од интереса и издвојити га у односу на остатак слике који се уобичајено дефинише као позадина. Ако је у питању примена у праћењу на копну, на отвореном простору, додатно се намеће и проблем да је позадина начелно променљива од кадра до кадра, тако да алгоритам праћења неминовно мора имати одређен ниво адаптивности. У том контексту, истраживање у оквиру ове дисертације ће бити усмерено на неколико основних тема: одабир концепта филтра за праћење, атрибута који карактеришу област слике која је од интереса, типа поремећаја који угрожавају праћење и начина адаптације који омогућује успешно праћење у условима типских поремећаја и променљиве позадине.

Као што је уобичајено, и полазна истраживања аутора у овој области су започела од примене Калмановог филтра, [3], као оптималног естиматора стања код дводимензионог кретања lika покретног објекта у равни слике. Док се у погледу линеарности модела, у типичним саобраћајним применама праћења кретања, практично не сусреће са проблемом нелинеарности, дотле је основна мана примене овог типа филтра, чињеница да се како у случају шума модела, тако и мерног шума, подразумева постојање нормалне расподеле. У том смислу, много мању рестриктивност омогућује концепт честичног (енг. Particle) филтра, [4-6], где се конкретна расподела установљава у току рада (а да се при томе не уводе никакве рестрикције у погледу линеарности модела). Међутим, сав komoditet овог типа мора се платити знатно већом количином информација која се обрађује. Честични филтри су и поред тога нашли већ значајну примену у обради видео секвенци [7-9], не само кроз теоријску разраду алгоритама, већ и у конкретним реализацијама. Мада циљ овог истраживања није да се дође до алгорита праћења способног за рад у реалном времену, подразумева се да ће се укључити анализе параметризације честичног филтра у циљу минимизирања потребног рачуна.

Што се тиче особина који се користе у карактеризацији објекта од интереса, почетне реализације су се примарно ослониле на саму чињеницу да се тај део слике мења (креће), за разлику од остатка слике. У неким једноставним применама, овај концепт може да пружи задовољавајуће резултате, али је већ у случају више покретних објеката, а посебно ако је камера на покретном објекту када се све у сцени креће, овај приступ постаје непримењив. Хронолошки гледано, први од атрибута објекта који је нашао примену била је боја. Врло брзо се показало да у иоле сложенијим сценама, боја не може да једнозначно карактерише покретни објекат услед променљивих одсјаја, сенки, промене боје позадине и сл. У следећем кораку, примене су се ослањале на текстуру објекта и околне позадине, што је у извесним случајевима дало задовољавајуће резултате, али не у свим. Постојање контраста објекта према околној позадини се такође може посматрати као извор информација о положају објекта, односно, издвајање контурних тачака објекта и одговарајући опис контуре може да послужи као атрибут објекта кога треба у наредним кадровима препознати и пратити. За основну примену која се разматра у овом истраживању, а тиче се праћења покретног возила на путу помоћу камере која је претежно са погледом на ниже, као типични поремећаји се дефинишу: појава сенке на путу (сопствене или од елемената сцене), појава мимоилажења са другим возилима, као и повремена парцијална или потпуна заклоњеност елементима сцене у току праћења. У присуству оваквих поремећаја алгоритам праћења треба да буде довољно отпоран, а то подразумева коришћење више атрибута и одређени степен адаптације филтра према тренутној ситуацији у праћењу, [10], што ће се овде постићи одговарајућом интеграцијом резултата добивених преко сва три типа показатеља – боје, текстуре и описа контуре објекта. С обзиром пре свега на растући значај примене аутономног управљања возилима на путу, ово истраживање треба да пружи корисан увид у перформансе дела система који је базиран на обради слике, имајући у виду да комплетни системи ове намене користе и низ других сензора (радари, ласери, лидари, системи глобалног позиционирања, инерцијални уређаји итд.)

Полазну основу за истраживање чине следећи радови:

1. S. A. Meshram, A. V. Malviya: „Vehicular Traffic Surveillance for Real Time Using Multiple Methodologies“, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 5, May-2013
2. R. A. Hadi, G. Sulong, L. E. George: “Vehicle Detection and Tracking Techniques: a Concise Review”, Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ) Vol.5, No.1, February 2014.
3. Z. Qiu, D. Yao: “Kalman Filtering Used in Video-Based Traffic Monitoring System”, Journal of Intelligent Transportation Systems, 10(1):15–21, 2006
4. L. D. Stone, R. L. Streit, T. L. Corwin, K. L. Bell: „Bayesian Multiple Target Tracking“, Artech House, 2014.
5. Ng Ka Ki, E. J. Delp: “New Models For Real-Time Tracking Using Particle Filtering”, Visual Communications and Image Processing, 2009.
6. M. Jaward, L. Mihaylova, N. Canagarajah and D. Bull: “Multiple Object Tracking Using Particle Filters”, IEEE Aerospace Conference, 2006.
7. L. Mihaylova, P. Brasnett, N. Canagarajah, D. Bull: ”Object Tracking by Particle Filtering Techniques in Video Sequences, Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Bristol, UK, <https://pdfs.semanticscholar.org/6c6c/d0642a243caf22d735e6967ccc6819f75c67.pdf>, 2007.
8. D. Sidibé: “Particle Filters and Application in Computer Vision”, Maître de Conférences - Université de Bourgogne, LE2I - UMR CNRS 5158, April 2011.
9. T.S. Kumar, S.N.Sivanandam: “Object Detection and Tracking in Video Using Particle Filter”, Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12), Coimbatore, Tamilnadu, India 26 – 28 July 2012
10. D. Venkatrayappa, D. Sidibe, F. Meriaudeau, P. Montesinos: “Adaptive Feature Selection for Object Tracking with Particle Filter”, International Conference on Image Analysis and Recognition, Oct 2014, Vilamoura, Algarve, Portugal. pp.395-402, 2014, ICIAR.

3. Полазне хипотезе:

Истраживање се заснива на следећим хипотезама:

- Објекат праћења је подслика (правоугаони прозор) који укључује лик покретног објекта и његову локалну позадину и тиме се повисује ниво информативности у односу на сам лик објекта-возила;
- Кретање праћеног објекта у хоризонталној равни спољашњег референтног координатног система (у равни пута), у интервалу између два узастопна кадра, је са константном брзином и дуж трајекторије са константним радијусом кривине;
- Хроматски садржај прозора праћења може се квалитетно описати хистограмима компонентних боја (црвене, зелене и плаве – RGB);
- Просторни односи између пиксела различитих нивоа сјајности у прозору праћења се могу квалитетно описати матрицом заједничког појављивања нивоа сивог (Gray Level Co-occurrence Matrix - GLCM);
- Издвајање праћеног објекта од локалне позадине се може квалитетно извршити анализом градијената нивоа сјајности, по интензитету и оријентацији;
- Наведена три различита описа садржаја прозора праћења су неједнако осетљиви на типске поремећаје;
- Фузијом резултата филтара заснованих на појединачним атрибутима може се добити алгоритам праћења тачнији од појединачних.

4. Методе истраживања:

Истраживање ће се ослањати на методе спецификације проблема, анализе појединих утицаја на квалитет праћења и синтезу коначног алгоритма праћења.

Полазно истраживање ће се односити на формулацију проблема праћења лика покретног објекта у секвенци слика, а у контексту примене концепта честичног филтра и базично ће представљати преглед

постојећих радова у овој области са пратећом анализом погодности појединих приступа за конкретно дефинисане сценарије примене.

У другом делу истраживања ће се оформити симулационо окружење са базичном синтезом секвенце слика које се односе на кретање возила на путу и симулацијом низа карактеристичних поремећаја (друга возила, сенке, привремена заклоњеност, итд.)

Коришћењем синтетизованих секвенци слика, као и реалних видео материјала типичних за саобраћајне ситуације, извршиће се анализа подобности описа садржаја прозора праћења преко хистограма боја, просторног описа текстуре и статистичког описа контуре возила, и коначно утврдити форма описа.

Завршна синтеза алгоритма праћења ће подразумевати параметризацију самог честичног филтра као и одређивање критеријума за пондерисано усредњавање резултата добивених преко три различита типа описа. Перформансе коначног алгоритма праћења ће бити верификоване на синтетичким и реалним видео секвенцама.

5. Основни научни доприноси:

Очекује се да се кроз истраживање дође до:

- Концизног прегледа постојећих резултата у области праћења покретних објеката у саобраћајним ситуацијама, са акцентом на примену честичних филтара у обради секвенце слика, као и одабир атрибута слике који су погодни за те сврхе;
- Развијеног симулационог окружења коришћењем Matlab-a и Image Processing Toolbox-a, које ће да послужи за потребе верификације конкретног алгоритма који се развија, али и шире, за сличне намене у домену аутоматског управљања возилима на путевима;
- Анализе погодности појединих начина описа садржаја прозора праћења у присуству типских поремећаја (променљиви услови видљивости, клатер, сенке, одсјаји, делимична и потпуна заклоњеност другим покретним и стационарним објектима итд.);
- Развијеног новог алгоритма праћења на бази пондерисаног усредњавања резултата добивених преко више појединачних особина (боја, текстура и градијенти сјајности) изражених у форми одговарајућих статистичких расподела (хистограма).

6. План истраживања и структура рада:

Предвиђају се следећи кораци у реализацији истраживања:

- Преглед постојећих резултата у домену праћења покретних објеката у секвенци слика са посебним освртом на поређење предности и мана коришћења Калмановог и честичног филтра;
- Развој симулационог софтвера намењеног за генерисање сценарија типичног кретања возила на путу и типских поремећаја;
- Анализа постојећих приступа у карактеризацији лика покретног објекта, селекција атрибута, формулација статистичких описа и анализа њихових осетљивости на типске поремећаје;
- Формулација оригиналног, интегралног алгоритма праћења на бази пондерисаног усредњавања појединачних резултата и његова верификација на синтетичким и реалним секвенцама слика.

Структура тезе ће пратити предложене фазе истраживања. Осим уводног поглавља које ће се односити на општи значај примене праћења покретних објеката у саобраћајним применама, предвиђено је и поглавље прегледног типа у коме ће бити приказани најважнији постојећи алгоритми за праћење покретних циљева у секвенци слика. Посебна пажња ће бити посвећена специфичностима примене честичног филтра у контексту обраде сигнала слике. У следећем поглављу ће се обрадити проблематика одабира атрибута слике за потребе праћења лика покретног објекта. Даће се преглед различитих приступа у карактеризацији слике за ове потребе и дискутовати предности и мане појединачних описа

слике. Након анализе осетљивости појединачних атрибута слике, у наредном поглављу ће се извршити њихов коначни одабир. У следећем поглављу ће се формулисати алгоритам праћења (Multiple Feature Particle Filter - MFPPF) заснован на фузији три појединачна алгоритма (Single Feature Particle Filter - SFPPF). Дискутоваће се одабир параметара алгоритма (број честица, радијус дистрибуције честица, усвојени модел кретања, услови за детекцију појаве поремећаја, критеријуми за вредновање појединачних атрибута слике, услови за прекључивање између регуларног режима праћења и режима чисте предикције итд.) У следећем, кључном, поглављу ће се приказати резултати примене предложеног алгоритма праћења у компарацији са резултатима који се постижу коришћењем појединачних атрибута, а у примерима синтетизованих секвенци слика, као и карактеристичних реалних сценарија кретања возила на различитим врстама путева. На крају рада ће се дати закључци и списак коришћене литературе

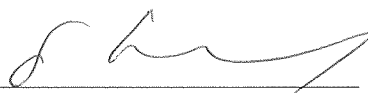
7. Закључак и предлог

Узимајући у обзир све релевантне чињенице које формирају слику о подобности теме и кандидата за реализацију предвиђених истраживања и имајући у виду резултате досадашњег рада кандидата Abdalgalil Alsagir Abdulla који је показан у фази истраживања на докторским студијама, Комисија је стекла неспорни утисак да кандидат јесте способан за научно-истраживачки рад као и за реализацију предвиђених истраживања. Такође, анализирајући предложену тему под називом „Алгоритам праћења покретних објеката у секвенци слика применом честичног филтра“, 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. Комисија констатује да 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 Бранка Ковачевића, професора емеритуса Универзитета у Београду. Уз Извештај је приложен списак радова проф. Бранка Ковачевића који га квалификују за ментора.

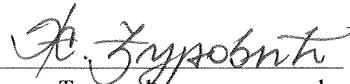
У закључку овог Извештаја, а имајући у виду све напред наведено, Комисија има част да Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду предложи да прихвати тему докторске дисертације „Алгоритам праћења покретних објеката у секвенци слика применом честичног филтра“ и да кандидату Abdalgalil Alsagir Abdulla омогући да приступи њеној изradi.

У Београду, 17.11.2020. г.

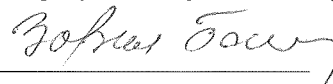
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



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



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



Др Зоран Бањац, научни сарадник
Vlacom Институт, Београд



Др Милан Прокин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет