

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Abdalgalil Alsagir Mohamed Abdulle, магистра електротехнике

Одлуком бр. 5048/15-3 од 30.05.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Abdalgalil Alsagir Mohamed Abdulle под насловом

"Алгоритам праћења покретних објеката у секвенци слика применом честичног филтра"

Докторска дисертација је написана на енглеском језику и насловљена:

„One Particle Filter Based Algorithm of Tracking of a Moving Object in the Sequence of Images“

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Дана 29.09.2020. г. кандидат је пријавио тему за израду докторске дисертације.

Дана 06.10.2020. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно –научном већу на усвајање.

Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5048/15-1 од 23.10.2020. године).

Дана 10.11.2020. године кандидат је полагао јавну усмену одбрану теме пред комисијом у саставу: редовни професор др Жељко Ђуровић, научни сарадник др Зоран Бањац, редовни професор др Милан Прокин. Кандидат је на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену: **задовољно**.

Тема докторске дисертације је одобрена на седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду (Одлука бр. 5048/15-2 од 16.12.2020. године), а Веће области техничких наука Универзитета у Београду је дана 28.01.2021. г. дало сагласност на предлог теме докторске дисертације (Одлука бр. 61206-4497/2-20).

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 18.04.2022. г.

Дана 10.05.2022. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета је 17.05.2022. г. именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 5048/15-3 од 30.05.2022. године)..

Кандидат је уписао докторске студије школске 2015/2016 године. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација припада научној области Електротехничко и рачунарско инжењерство, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. Ментор израде дисертације је др Бранко Ковачевић, професор емеритус Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Абдалгалил Алсагаир Мохамед Абдула је рођен 13. августа 1962. у Гдамису у Либији. Гимназију је завршио у Гдамису 1981/1982, а дипломирао је на Ваздухопловном инжењерству на Факултету инжењеринг-ваздухопловне технике на Универзитету у Триполију у Либији 1986/87.

Од 1989. до 1996. године радио је у „Центру за истраживање и развој” у Триполи-Либији као инжењер ваздухопловства. Учествовао је у следећим пројектима: Аеродинамички прорачун за ракету С2С, Пројектовање турбо пумпе ракетног мотора С2С, Дизајн симулационог програма за лет ракете, аутопилот и дизајн система за навођење за С2С ракету.

Аутор је уписао магистарске студије 1997/98. године, на одсеку за Сигнале и системе Електротехничког факултета Универзитета у Београду, дипломирао са просечном оценом 8,92, а магистарски рад под називом „Дизајн дигиталног аутопилота за управљање нормалним убрзањем“ под менторством проф. др М. Стојића, одбранио је 13.01.2000. г.

У периоду од 2000. до 2011. године радио је у истом „Центру за истраживање и развој” као истраживач-сарадник на развоју аутопилота и система навођења за С2С ракету. Такође, предавао је као хонорарни асистент на колецима и високим институтима у Триполију-Либија од 2007. до 2011. Од 2011. године предавач је на Високој школи за цивилно ваздухопловство и метеорологију у Езбији-Триполи-Либија.

Докторске студије на Одсеку за Сигнале и системе, Електротехничког факултета Универзитета у Београду, уписао је 2015/2016. године и положио је све потребне испите.

Објавио је четири научна рада из области праћења објеката коришћењем рачунарске визије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је изложена на 124 страница са проредом 1,5. Организована је у форми увода, четири централна поглавља и закључка, а осим тога садржи насловну страну на српском и

енглеском језику, податке о ментору и члановима Комисије за одбрану, изјаве захвалности, основне податке о дисертацији (сажетак, кључне речи, научну област и ужу научну област) на српском и енглеском језику, садржај и списак коришћене литературе. По форми и садржају задовољава стандарде за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном поглављу, најпре су дефинисани основни термини у домену примене рачунарске визије за потребе праћења покретних објеката у секвенци слика. Затим је изложен скуп катактеристичних задатака који припадају овој области. Након тога представљени су основни технички проблеми чије решавање је предмет истраживања у дисертацији, а односе се на утицај варијације осветљења, појаву сенки, сложеност кретања објекта, повремену заклоњеност другим објектима у сцени, варијације у величини лика објекта услед промене растојања од камере, појаву идентичних блиских објеката и сл. У наставку су дефинисани општи циљеви овог истраживања и основни доприноси. На крају увода дат је преглед структуре целокупне дисертације.

У другом поглављу је представљен принцип праћења објеката у секвенци слика базиран на прегледу постојеће литературе релевантне за дисертацију. Општи задатак праћења је раздвојен на детекцију објекта, његову репрезентацију и континуално препознавање у секвенци кадрова. Изложене су основне стратегије праћења које обухватају праћење на бази модела објекта, садржаја региона слике, контуре објекта и издвојених особина објекта. На основу овога је сузена опсег битних приступа у репрезентацији објекта и у погледу модела кретања објекта. Дискутован је третман деловања поремећаја при праћењу у постојећим примерима у литератури. Како је за потребе естимације положаја објекта у слици одабран приступ у коме се користи честични филтар, у наставку су дата образложења таквог избора са позивањем на релевантне референце у литератури. Коначно, назначени су и базични постојећи резултати примене фузије информација о особинама лика објекта, прибављених при праћењу

Треће поглавље је посвећено синтези алгоритма праћења који је непосредни предмет дисертације. Најпре се дефинише форма честичног филтра који се користи. Затим се дефинише простор стања (који обухвата дводимензиони положај објекта у слици и две компоненте брзине кретања објекта). За особине лика објекта одабране су садржај боја, опис контуре и карактеристика текстуре. Све три особине се представљају у облику хистограма, а предикција положаја објекта се заснива на прорачуну сличности између одговарајућих хистограма, применом Bhattacharyya растојања. У наставку је дефинисан поступак поновног узорковања (resampling). Коначно је комплетан алгоритам праћења заснован на фузији информација о променама три особине лика објекта компактно илустрован одговарајућим дијаграмом тока и псеудо кодом.

Четврто поглавље је посвећено експерименталној процени перформанси предложеног алгоритма праћења у случају када се разматрају појединачне особине лика објекта (SFPPF – Single Feature Particle Filter). У првом делу поглавља се тестови спроводе на секвенци синтетизованих слика које представљају кретање возила на путу у присуству других возила, сенки, повремених заклоњености и сл. Ово тест окружење је развојни резултат самог аутора, и намењено је првенствено за потребе овог рада, а са могућношћу шире примене. У другом делу поглавља се тестирање алгоритма праћења врши на секвенци реалних слика које илуструју типичне саобраћајне ситуације на путу. Смисао овог поглавља је да укаже на ефекте које поједине сметње производе при праћењу и на чињеницу да су поједине одабране особине лика објекта на различите начине осетљиве на њих. У том смислу, закључак је да ни једна од одабраних особина, сама за себе, не гарантује исправно праћење кретања објекта у свим посматраним реалним ситуацијама.

Пето поглавље је ударни део дисертације. Алгоритам праћења дефинисан у трећем поглављу као алгоритам заснован на фузији података који потичу од праћења према три одабране особине лика објекта (MFPPF – Multi Feature Particle Filter) овде је евалуиран са становишта одабира параметара алгоритма (број честица, полупречник расејања честица, прагови усвојени код мера сличности, итд.) и поређењем са одговарајућим резултатима када се користи само SFPPF. У оба случаја се користе како синтетичке, тако и реалне секвенце слика. Коначно се показује да се коришћењем три одабране особине лика објекта постиже тачност праћења супериорна у односу на примену било које од њих појединачно.

У шестом, закључном поглављу резимира се технички проблем чије решавање је било предмет истраживања дисертације, а затим сумирају закључци до којих се дошло евалуацијом предложеног алгоритма праћења објекта у секвенци слика. Дат је преглед кључних научних и стручних доприноса дисертације, док се поглавље завршава истицањем примарних праваца даљих истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација је проистекла из вишегодишњег бављења кандидата истраживањем у области примене рачунарске визије за потребе праћења покретних објеката у секвенци слика, првенствено у применама у саобраћају на путевима. Ова област примена је актуелна на светском нивоу. Кандидат се у дисертацији бави применом алгоритма праћења на бази честичног филтра и фузије података прибављених праћењем више особина лика објекта, што је, као приступ, такође актуелно на светском нивоу. Оригиналност теме дисертације се пре свега огледа у проширењу уобичајене фузије базиране на два дескриптора, на случај када се фузија базира на три дескриптора, са разрађеном оригиналним методом пондерисања поверења у поједине дескрипторе, која укључује и повремена потпуна изостављања привремено непоузданих дескриптора. На овај начин се остварује да је примена више дескриптора супериорна у односу на примену сваког од њих појединачно, а олакшава се и накнадни повратак у процес праћења привремено изостављеног дескриптора.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је током истраживања проучио, а у дисертацији се коректно реферисао на 95 референци, углавном научних радова, уџбеника и зборника на енглеском језику.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У раду на дисертацији се пошло од скупа релевантних секвенци слика у саобраћајним ситуацијама на путевима са циљем да се обухвати широк опсег примера са становишта услова видљивости (варијације осветљаја и рефлексија), присуства сенки и заклоњености другим елементима сцене, ефеката удаљавања/приближавања праћеног објекта и сл. С друге стране, структура алгоритма праћења је тако конципирана да пружа довољно широк асортиман параметара којима се може утицати на перформансе. Коначан одабир слободних параметара се врши методом компарације резултата који се постижу за одабрани скуп тест секвенци слика, а који треба да максимално обухвати све типичне поремећаје у праћењу.

Наведени приступ је био адекватан за проверу полазне хипотезе да ће се са коришћењем фузије података из три гране алгоритма, базиране на три различита дескриптора слике, добити повишени квалитет праћења у односу на сваки од дескриптора појединачно.

3.4. Применљивост остварених резултата

Предложени алгоритам праћења није имплементиран у форми директно употребљивој за примену у реалном времену одвијања саобраћајне ситуације, али је конципиран тако да има добре изгледе за такав вид примене. Мада се време потребно за основну грану филтра базирану на појединачном дескриптору, триплира услед примене три различита дескриптора, компромис се постиже смањењем броја честица које се расејавају (100 - 200) и радијуса зоне расејања (10 – 15 пиксела).

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је показао врло добро познавање области примене рачунарске визије на решавање проблема праћења покретног објекта у секвенци слика, систематичност у претраживању и проучавању расположиве литературе, способност синтезе нових алгоритама праћења на основу постојећих, систематичност у испитивању квалитативних и квантитативних карактеристика предложених алгоритама и способност анализе резултата испитивања ради усавршавања алгорита.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Истраживање описано у овој дисертацији има следеће научне и стручне доприносе:

- 1) Направљен је исцрпан преглед постојеће литературе у области примене честичног филтра за потребе праћења покретних циљева у секвенци слика.
- 2) Дефинисан је начин представе покретног објекта у слици са становишта одабира особина/дескриптора и њихове представе у форми одговарајућих хистограма.
- 3) Формулисан је алгоритам за праћење на бази честичног филтра заснованог на једном дескриптору слике.
- 4) Развијен је оригинални алгоритам праћења на бази фузије података из три гране честичног филтра на бази појединачних дескриптора.
- 5) Развијено је тест окружење на бази синтетизованих секвенци слика.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Доприноси наведени у одељку 4.1. овог реферата представљају унапређење тренутног стања науке и технике, јер:

- 1) Преглед постојеће литературе у области примене честичног филтра за потребе праћења покретних циљева у секвенци слика може бити од користи истраживачима и инжењерима који желе да се упознају са том облашћу.
- 2) Одабир дескриптора слике је начињен на бази искустава која се срећу у постојећој литератури али је коначан избор и параметризација била резултат дуготрајних истраживања и поређења са различитим потенцијалним решењима. У том смислу, резултати овог рада на овом пољу, од користи су будућим истраживачима у овој области.
- 3) Квалитетни резултати су постигнути у кораку поставке алгорита праћења на бази појединачног дескриптора (SFPF) у смислу конкретне параметризације алгорита базираног на честичном филтру (број честица, радијус расејања, механизам поновног

узороковања). Ови резултати могу да послуже за поставке сличних алгоритама заснованих на неким другим дескрипторима.

- 4) Концепт фузије података у процесу праћења објекта, добивених на бази већег броја дескриптора (MFPPF), који представља основни допринос дисертације, може да послужи и као основа за даље надградње алгорита. Првенствено се овде мисли на осетљивост предложеног алгорита на случајеве изразитих промена у релативној величини објекта у видном пољу камере услед приближавања/удаљавања. У том смислу, модел у простору стања треба проширити са димензијама објекта, као додатним променљивим стања.
- 5) Тест окружење са синтетичким секвенцама се показало као полазно и адекватно за основне тестове осетљивости алгорита праћења. Одабир реалних тест секвенци је био ограничен на релативно узак број секвенци које су одабране да обухвате карактеристичне проблеме у праћењу. У даљим истраживањима се даља потврда овог приступа ваља базирати на стандардним сетовима већег броја тест секвенци, од којих многе неће уносити проблеме у праћењу, али ће статистичке мере на бази таквих тестова имати већу веродостојност.

4.3. Верификација научних доприноса

Радови који су резултат истраживања у оквиру израде докторске дисертације наведени су у наставку.

Категорија M23:

1. A. A. Abdulla, S. Graovac, V. Papic, and B. Kovacevic, "Triple-feature-based Particle Filter Algorithm Used in Vehicle Tracking Applications," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, vol. 21, pp. 3-14, 2021, (IF 0.825) DOI: 10.4316/AECE.2021.02001.

Категорија M33:

2. Ivana Vujanović, Abdalgalil Alsagair Abdulla and Stevica Graovac, "An Image Processing Based Motion Tracker/Estimator for Traffic Control Purposes", 4th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, Kladovo, Serbia, pp. AU11.2.1-5, 2017, ISBN 978-86-7466-692-0.
3. A. A. Abdulla, A. Rodić, and S. Graovac, "Vehicle Collision Avoidance in a Dynamic Road Traffic Scenario", in *5th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, IcETran 2018*, Palić, Serbia, pp. 1022-1026, 2018, ISBN 978-86-7466-752-1.
4. A. A. Abdulla and S. Graovac, "Comparative analysis of the usage of different image descriptors in object's video tracking", in *6th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, IcETran 2019*, Silver Lake, Serbia, pp. 174-179, 2019, ISBN 978-86-7466-785-9.

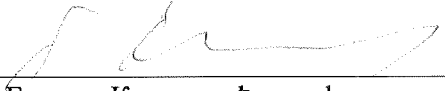
5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

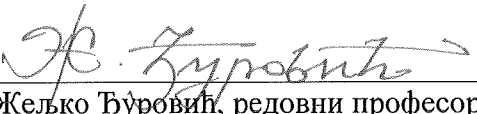
У својој дисертацији, кандидат Abdalgalil Alsagir Mohamed Abdulla истраживао је проблем праћења покретних објеката у секвенци слика применом честичног филтра. Циљ истраживања је био развој алгоритма праћења који се истовремено ослања на три различита дескриптора – особине слике lika објекта, тако да се на основу фузије података дође до алгоритма праћења смањене остљивости на утицај типичних сметњи при праћењу. Научни доприноси области која је истраживана укључују преглед релевантне литературе, оригиналан алгоритам праћења, развој тест окружења за верификацију алгоритма и компарацију предложеног алгоритма са алгоритмима базираним на појединачним дескрипторима. У односу на друге актуелне приступе за ове намене који су засновани на машинском учењу и захтевају знатно обимније процесирање података, предложени алгоритам и поред своје рачунске комплексности представља доброг кандидата за примену у реалном времену одвијања саобраћаја. Резултати истраживања су верификовани објављивањем рада у истакнутом међународном часопису. Кандидат је показао оспособљеност за самосталан научни рад.


Имајући све ово у виду, Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом "Алгоритам праћења покретних објеката у секвенци слика применом честичног филтра" („One Particle Filter Based Algorithm of Tracking of a Moving Object in the Sequence of Images“) кандидата Abdalgalil Alsagir Mohamed Abdulle прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.


У Београду
1. септембар 2022. године

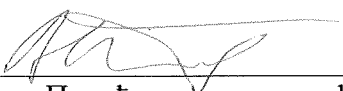
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


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


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


др Зоран Бањац, научни сарадник
Институт Влатаком, Београд


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


др Вељко Папић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет