



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 12.12.2017. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Милоша Стојановића под насловом „Визуелна локализација заснована на семантичком подударању“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Милош Стојановић је рођен 08.07.1993. године у Приштини. Завршио је основну школу "Ђуро Стругар" у Београду као вуковац. Уписао је Девету гимназију у Београду коју је завршио са максималним успехом. Од 2009. године је полазник у Истраживачкој станици Петница, прво на одељењу за Рачунарство, а потом на одељењу за Примењену физику и електронику где је укупно израдио три самостална истраживачка пројекта из области компјутерске визије, обраде сигнала и роботике. Електротехнички факултет уписао је 2012. године. Дипломирао је на одсеку за Сигнале и системе 2016. године са просечном оценом 9,4 и дипломским радом на тему „Естимација положаја аутономног возила“. Паралелно са уписом на основне студије бива изабран за млађег сарадника у ИС Петница на одељењу Примењене физике и електронике где у току од четири године менторише многе пројекте, држи предавања, дизајнира вежбе и учествује у свим активностима наведене институције. Након дипломирања кратак период ради као стручни сарадник, након чега прелази на позицију руковођиоца одељења Примењене физике и електронике у ИС Петница. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за сигнале и системе уписао је у октобру 2016. године и положио је све испите са просечном оценом 10. Такође, од новембра 2015. године ради у стартап компанији „YDrive“ као инжењер за истраживање и развој технологија у области аутономних возила пре свега се бавећи, обрадом сигнала, моделирањем и идентификацијом система, фузијом сензора, компјутерском визијом и машинским учењем.

2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 49 страна, са укупно 22 слике, 1 табелом и 89 референци. Рад садржи 5 поглавља (укључујући закључак) и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у коме су описаны предмет и циљ рада: развој алгоритма који ће омогућити локализацију, односно одређивање позиције аутономног возила поређењем мапа терена са сликама снимљеним камером монтираном на самом возилу. Дефинисан је проблем локализације као једна од кључних компоненти у оквиру алгоритма за вођење аутономних возила. Дат је кратак преглед историје аутономних возила, почев од DARPA 2005 Grand Challenge турнира, до данас. Наведени су тренутни приступи локализацији, попут Инерицијалне навигације, Глобалних навигационих сателитских система, коришћења информација са Wi-Fi приступних тачака и репетитора мобилне телефоније. Указано је на суштинску разлику између ових приступа, и начина на који људи врше навигацију, а који је базиран на оријентисању у односу на семантичке категорије у окружењу (раскрснице, познате оријентире итд). Тиме је мотивисан приступ предложен у овој тези, заснован на упоређивању семантички сегментисаних слика снимљених камером на самом

возилу, са одговарајућим априорно прикупљеним сликама терена. У овом поглављу је дат и веома темељан преглед литературе из ове области.

У другом поглављу су дефинисани основне компоненте алгоритма семантичке локализације: прилагођење перспективе (*inverse perspective mapping*, IPM), семантичка сегментација (CC), естимација удаљености објекта на слици од камере, и регистрација слика. Семантичка сегментација је проблем доделе класа пикселима RGB слике; на пример, сви пиксели који представљају тротоар треба да буду пресликани у једну класу, они пиксели који на слици представљају возну површину одговарају другој класи итд. Као тренутно најефикасније решење за овај проблем наведено је дубоко учење, односно коришћење конволуционих неуралних мрежа. IPM је трансформација слике добијене камером монтираном на возилу, у приказ снимљене сцене из птичије перспективе. Иако за овај проблем постоје стандардна решења у литератури из области компјутерске визије, испоставило се да многа од њих наилазе на проблеме у пракси, из низа разлога (нераван и закривљен коловоз итд). Отуда је као помоћ при трансформацији перспективе коришћена информација о удаљености између возила и појединих објекта у снимљеној слици. Овај проблем је у литератури познат као одређивање дубине слике (*depth estimation*, DE). Разматране су две класе решења за DE. Прва је заснована на стерео-визији, где се комбинују слике са двају камера са унапред познатим међусобним положајем. Друга класа решења за DE базирана је поново на дубоком учењу. На крају је разматран и централни проблем поклапања снимљене слике са референтном мапом. Овај проблем је у литератури познат под називом *регистрација слика*. Његово решавање омогућава прецизно одређивање положаја возила у референтној мапи.

У трећем поглављу је предложено решење за семантичку локализацију, базирано на IPM, CC, DE и регистрацији слика. Најпре је разматран проблем прикупљања референтних мапа, из ваздуха или из возила за које је унапред неком референтном методом позната локација. Предложене су методе за обраду овако прикупљених мапа, а које олакшавају каснију примену семантичке локализације. Након тога је разматран избор критеријумске функције и методе за оптимизацију у оквиру алгоритма за регистрацију слика, и уочени су могући проблеми до којих може доћи услед великог степена сличности различитих делова семантичке мапе (нпр. дијаметрално супротни делови исте раскрснице, или делови двају конструкцијски истих раскрсница). На крају је дата дискусија о могућностима процене степена поузданости израчунатог положаја, кроз анализу помераја и варијансе предложене методе.

Четврто поглавље садржи експерименталне резултате у симулираним и реалним окружењима.

У последњем поглављу су укратко рекапитулирани најважнији резултати и указано на могуће правце даљег рада.

3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Милоша Стојановића се бави проблематиком локализације, односно одређивања положаја, на основу поређења садржаја видног поља у датом положају са априорно прикупљеним и обрађеним мапама терена. Предложено решење се заснива на примени алгоритама компјутерске визије, машинског учења и нумеричке оптимизације.

Кандидат је темељно прегледао релевантну савремену стручну литературу. За сваку од компоненти коначног решења доступно је више могућих приступа. Сви они су детаљно критички анализирани, како би се одабрала најадекватнија решења за конкретан разматрани проблем. Коначно предложено решење је верификовано кроз експерименте, како у симулираном тако и у реалном окружењу. Предности и недостаци предложене методе су темељно анализирани, и указано је на могуће правце даљег истраживања.

Основни доприноси рада су: 1) детаљан преглед и критичка анализа литературе из области компјутерске визије и машинског учења, а везане за проблеме анализе и обраде слике (трансформација перспективе, процена дубине, семантичка сегментација и регистрација); 2) пројектовање, имплементација и верификација готовог решења за семантичку локализацију; 3) дате су перспективне идеје за могући даљи рад на овој теми.

4. Закључак и предлог

Кандидат Милош Стојановић је у свом мастер раду успешно решио проблем одређивања положаја на основу анализе садржаја видног поља, односно поређењем слике снимљене из возила са мапом региона од интереса. Резултат његовог рада је нови алгоритам, који је практично имплементиран и верификован.

Кандидат је исказао самосталност, систематичност и иновативност у своме раду, као и способност коришћења релевантне литературе.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Милош Стојановић прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 15.03.2018. године

Чланови комисије:

П. Тадић

др Предраг Тадић, доцент

Горан Квашчев

др Горан Квашчев, ванредни професор

Ненад Јовинић

др Ненад Јовинић, доцент