

Универзитет у Београду  
Електротехнички факултет

## Комисија за студије II степена

На седници Комисије за студије II степена Електротехничког факултета у Београду, која је одржана 4.9.2018. године, именовали смо Комисију за преглед и оцену мастер рада кандидата дипл. инж. Александра Пајовића, под називом Интеграција оптичких сензора и радара у аутономним возилима. Комисија је прегледала приложени рад и подноси следећи

### Извештај

#### 1. Биографски подаци о кандидату

Александар Пајовић рођен је 15.12.1994. године у Београду. Завршио је основну школу „Влада Аксентијевић“ у Београду као вуковац. Након тога уписује „Прву београдску гимназију“, коју завршава са одличним успехом. Паралелно са основном и средњом школом ишао је у школу програмирања за децу „SystemPro“ и учествовао на разним такмичењима из програмирања и математике. Електротехнички факултет уписао је школске 2013/2014. године. Дипломирао је на одсеку за Електронику 2017. године са просечном оценом 8.14. Током студија радио је на пројекту „Balloonera“ заједно са колегама са других смерова, и на основу добијених знања написао дипломски рад. Дипломски рад одбранио је у септембру 2017. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Електронику уписао је у октобру 2017. године.

#### 2. Опис и организација рада

Мастер рад кандидата садржи 42 стране текста, заједно са сликама и списком литературе. Рад је подељен у две велике целине, које су даље подељене на више поглавља, са додатком списка литературе.

Први део рада говори уопштено о фузији сензора. У првом поглављу, објашњена је мотивација увођења фузије сензора у системе, као и поређење са начинима на који жива бића у природи комбинују информације добијене са својих чула.

У другом поглављу описане су различите врсте архитектура фузије сензора. Почевши од „*JDL* архитектуре“ који је најзаступљенији и најобухватнији модел фузије у примени, затим се говори о „Моделу водопада“ који је мало напреднија верзија од „*JDL* архитектуре“. „*Бојдов модел*“ уводи повратну спрегу, док „*Омнибус модел*“ детаљније објашњава све кораке фузије сензора.

У трећем поглављу се даље говори о могућим апликацијама и методама које се најчешће користе у фузији. Прво се објашњава како подаци могу бити кориштени да се изврши усредњавање, филтрирање и предикција. Описан је генералан поступак коришћења калмановог филтра при мерењима са великим бројем статистичких и системских грешака. Калманов филтар спаја вредности у сукцесивним временским интервалима и даје највећу шансу претпоставке параметра. Пошто је Калманов филтер генерализован за било какав тип података, може се користити и при сакупљању података са више различитих сензора. Поред калмановог филтра, у фузији се користе методе инференције које су такође описане у овом поглављу, које дају вероватноћу истинитости података на основу тренутних услова система и вероватноће истинитости других података. Ово је један од кључних принципа који су неизоставни у спајању више сензора. При аутономној вожњи, овај принцип се највише користи у креирању мапа попуњености и мрежа сигурности, које дају вероватноћу постојања објекта на неком пољу имагинарне мреже. На основу ових података се може креирати путања аутономног возила. На крају, у поглављу је описан и могућ начин за компензацију у случају неисправних сензора.

Други део рада говори о самој интеграцији сензора у аутономним возила. У првом поглављу овог дела говори се о различитим сензорима који се користе при аутономној вожњи као и о њиховим предностима и манама. Овде је наведен и пример интеграције камера и радара на аутономном роботу, и описано како се својства тих сензора међусобно допуњују.

У наредном поглављу је описано како се ови сензори могу користити приликом моделовања окружења око возила. Описано је на који начин су креиране виртуелне мапе на основу позиције возила и добијених мерења. Добијене мапе се могу користити при детекцији објеката и препрека, праћењу пута, и мапирању по вероватноћи. У наредним поглављима детаљније је описан начин реализације предложених апликација.

Прво се описује како се могу информације добијене са радара и камере могу искористити при добијању локација објеката у околини возила. Иако се приликом обраде једне слике са камере не може добити информација о дубини објеката, у раду је описан и предлог помоћу кога се може добити информација о дубини из праћења више слика снимљених у конзекутивним временским тренуцима.

Затим, описан је начин на који се моделује пут на основу снимљених трака, процена угла скретања и компензовање грешака. Радарски сензори у овом примеру нису кориштени, јер је једино могуће добити информацију о тракама на путу на основу визуелних сензора.

На крају, дат је математички модел за прављење мапа попуњености. Ове мапе се креирају као дискретизована апроксимација простора око возила, пратећи промену у простору и времену. Претпоставља се да се простор око возила неће драстично променити између два мерења, и на основу тога се даје вероватноћа тренутног постојања препрека на путу. У овом поглављу је дат пример рада са оваквом мапом користећи добијене информације са радара.

### **3. Анализа рада са кључним резултатима**

Циљ мастер рада је био направити преглед тренутно актуелних начина за интеграцију камера и радара у аутономној возњи. Поред тога, приликом израде рада су постављене основе за даља истраживања на ову тему, као и имплементација (хардверска и софтверска) на већ постојеће системе.

Успешно је имплементирано паралелно скупљање информација са камере и радара. Након добијених информација, користи се један од постојећих алгоритама при њиховој обради.

### **4. Закључак и предлог**

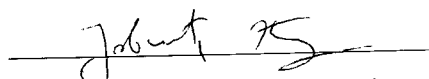
Кандидат Александар Пајовић се у свом мастер раду бавио проблематиком коришћења различитих сензора у управљачким системима аутономних возила. На систематичан начин је анализирао познате начине интеграције различитих сензорских технологија, са посебним освртом на тренутно најактуелније технологије радарске и визуелне детекције. Поред теоријских основа рад садржи и практична разматрања реализована кроз експерименте. Резултат рада је хардверско софтверска платформа на

моделу аутономног возила која ће бити коришћена при даљим истраживањима. Сва истраживања, развој и експериментисања кандидат Александар Пајовић је спровео самостално

На основу горе наведеног, имајући у виду садржај и квалитет приложеног рада, резултате и закључке до којих је кандидат у свом самосталном раду дошао, чланови Комисије предлажу Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад кандидата дипл. инж. Александра Пајовића, под називом Интеграција оптичких система и радара у аутономним возилима, прихвати као мастер рад и кандидату одобри усмену одбрану.

Београд 19.08.2019.

Чланови комисије:

  
Др Ненад Јовичић, ванредни професор

  
Др Марко Барјактаровић, доцент