

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.08.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Андреј Шавикин под насловом „Пројектовање уређаја за прецизно одређивање локације и корекцију грешке мерења коришћењем технологије за глобално позиционирање". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Андреј Шавикин је рођен 15.03.2000. године у Београду. Завршио је основну школу „Јанко Веселиновић” у Београду. Уписао је Електротехничку Школу „Никола Тесла” у Београду и коју је завршио са одличним успехом. Електротехнички факултет уписао је 2019. године. Дипломирао је на одсеку за Електронику 2023. године са просечном оценом 8,96. Дипломски рад одбранио је у септембру 2023. године са оценом 10. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за електронику и дигиталне системе уписао је у октобру 2023. године. Положио је све испите са просечном оценом 10.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Андреј Шавикин је у оквиру припреме мастер рада спровео истраживање из области глобалних навигационих сателитских система, са фокусом на технике прецизног одређивања локације и корекције грешке мерења. Анализирани су принципи одређивања локације мерењем псеудораздаљина, извори грешака мерења са посебним освртом на утицај јоносфере и одступања часовника, као и технике за умањење ових грешака коришћењем додатних сателита, више носећих учестаности и фазе носиоца. Посебна пажња посвећена је техници позиционирања у реалном времену (Real-Time Kinematic — RTK) заснованој на двострукој разлици фаза, техници прецизног позиционирања тачке (Precise Point Positioning — PPP), као и протоколима и форматима података за пренос корекција (RTCM, NTRIP) и телеметрије (MQTT).

У оквиру рада дефинисана су мерила којима се квантификује квалитет одређивања локације, укључујући 95-постотну проширену мерну несигурност и одговарајуће комбиноване показатеље, пројектован је и реализован уређај заснован на пријемнику u-blox ZED-F9P и микроконтролеру ESP32, уз одговарајућу серверску инфраструктуру за пренос корекционих података, и спроведена су обимна испитивања система у реалним условима. Истраживање је показало да предложено решење омогућава поуздано успостављање фиксног RTK решења на испитиваним удаљеностима од базне станице и значајно већу прецизност одређивања локације у односу на мерења без корекција, чиме је потврђена функционалност и практична примењивост развијеног система.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 37 страна, са укупно 31 сликом, 5 табела и 19 референци. Рад садржи 4 поглавља и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља теоријски увод у коме су изведени изрази који описују рад система за сателитско позиционирање. Описани су основни системи за одређивање раздаљине и локације, утицај грешке мерења времена, појам псеудораздаљине и умањење грешке коришћењем додатних сателита. Обрађени су утицаји јоносфере и тропосфере, модулација и кодовање порука, избор учестаности и подаци за одређивање локације сателита. Посебно су обрађени умањење грешке мерења коришћењем фазе носиоца, принцип рада RTK система, RTCM корекције, NTRIP и MQTT протоколи и техника прецизног позиционирања тачке (PPP). На крају поглавља дефинисане су метрике којима се квантификују прецизност и тачност одређене локације.

Друго поглавље описује избор коришћених компоненти и реализацију система. Описани су развојни модул за обраду података u-blox ZED-F9P, пријемна антена, микроконтролер на платформи ESP32 и рачунар Raspberry Pi 4 у улози сервера на коме су покренути сервиси NTRIP Caster и MQTT Broker. Описани су сервис за одређивање локације PPP методом и софтвер за обраду сирових података, дата је блок шема реализованог система и дефинисане су мерене вредности којима се проверава функционалност система. Треће поглавље садржи резултате испитивања система и дискусију резултата. Приказана је прецизност PPP

одређивања локације у зависности од дужине снимања података, одступање мерења тренутне локације од прецизно одређене локације, одступање процењене од измерене грешке, брзина успостављања RTK локације, прецизност одређивања локације при укључивању система, поновљивост мерења RTK методом и поређење директног мерења и мерења RTK методом.

Четврто поглавље сумира добијене резултате, даје закључке рада и предлоге за даљи развој система.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад се бави пројектовањем и реализацијом уређаја за прецизно одређивање локације коришћењем глобалних навигационих сателитских система и RTK корекција. Реализација је заснована на пријемнику u-blox ZED-F9P и модулу ESP32, уз серверску инфраструктуру за пренос корекционих података и прикупљање резултата мерења. Координате базне станице одређене су применом PPP технике са накнадном обрадом снимљених података, при чему је комбиновани показатељ хоризонталне 95-постотне мерне несигурности износио 8,1 mm, а вертикална 95-постотна проширена мерна несигурност 38 mm.

Испитивањем је потврђена функционалност система у реалним условима. Фиксно RTK решење успешно је успостављено на свим испитиваним удаљеностима од базне станице, са просечним временом успостављања од 43,14 s и медијаном од 31,7 s. Одступања хоризонталног положаја од средње вредности била су мања од 1 m након 60 s, а након 120 s мања од 0,5 m у свим мерењима. Просторне раздаљине између поновљених мерења биле су мање од 0,5 m, осим код једног издвојеног мерења спроведеног у реалним теренским условима. Применом RTK корекција постигнута је значајно већа прецизност одређивања локације у односу на директно мерење: средња вредност апсолутног хоризонталног одступања смањена је са 0,257 m на 0,013 m.

5. Закључак и предлог

Кандидат Андреј Шавикин је у оквиру мастер рада успешно пројектовао и реализовао уређај за прецизно одређивање локације и корекцију грешке мерења коришћењем технологије за глобално позиционирање, заснован на пријемнику u-blox ZED-F9P и модулу ESP32, уз серверску инфраструктуру за пренос RTK корекционих података. Рад је показао да се предложеним решењем поуздано успоставља фиксно RTK решење и постиже прецизност одређивања локације реда центиметра, уз систематски спроведена испитивања и дискусију резултата у реалним условима рада.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

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

Београд, 12.09.2026. године

Чланови комисије:

др Владимир Рајовић Ванредни професор
сагласан, 12.09.2026.

др Ненад Јовичић Ванредни професор
сагласан, 12.09.2026.

Данило Ђокић Асистент
сагласан, 12.09.2026.