

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 14.10.2025 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Сава Ступаревић под насловом „Примена дубоког учења на ресурсно ограниченим системима: препознавање говора коришћењем TensorFlow Lite for Microcontrollers библиотеке". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Сава Ступаревић је рођен 26.01.2000. године у Лозници. Завршио је основну школу „Милан Ђ Милићевић” у Београду као вуковац. Уписао је Четрнаесту београдску гимназију у Београду коју је завршио са одличним успехом. Електротехнички факултет уписао је 2019. године. Дипломирао је на одсеку Рачунарска техника и информатика 2023. године са просечном оценом 7,70. Дипломски рад одбранио је у септембру 2023. године са оценом 10. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за сигнале и системе уписао је у октобру 2023. године.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Сава Ступаревић је као припрему за израду мастер рада спровео истраживање релевантне литературе која се односи на област машинског учења и примену дубоких неуралних мрежа на системима са ограниченим ресурсима. Посебна пажња посвећена је концепту Tiny Machine Learning (TinyML) и библиотеци TensorFlow Lite for Microcontrollers, као основним технологијама које омогућавају извршавање модела дубоког учења на микроконтролерима. У оквиру истраживања анализирају су принципи рада неуралних мрежа, процес тренирања и конверзије модела за потребе извршавања на микроконтролеру, као и ограничења која настају услед мале количине меморије и рачунарске снаге. Такође су проучени хардверски и софтверски елементи система, укључујући плоче NUCLEO-L476RG и X-NUCLEO-CCA02M2, као и начини аквизиције и обраде звучног сигнала. Сprovedеним истраживањем успостављена је основа за практичну имплементацију система за препознавање говора на микроконтролеру, који је реализован у оквиру мастер рада.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 50 страна. Укупно има 20 слика и 19 референци. Рад садржи увод, 6 поглавља и закључак (укупно 8 поглавља) и списак коришћене литературе, скраћеница, слика и табела.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Објашњен је концепт TinyML и област којом се рад бави.

У другом поглављу представљен је концепт TinyML, његова повезаност са машинским учењем и наменским системима, као и разлози за његову примену.

Треће поглавље описује софтверске алате коришћене у пројекту, са нагласком на TensorFlow Lite for Microcontrollers, као и окружење STM32CubeIDE и програм Audacity.

У четвртном поглављу приказан је хардвер који је коришћен - развојне плоче X-NUCLEO-CCA02M2 и NUCLEO-L476RG, као и микроконтролер STM32L476RG.

Пето поглавље објашњава начин коришћења и принцип рада апликације, укључујући избор речи за препознавање, приказ резултата и рад система.

У шестом поглављу детаљно је описана реализација система, од иницијализације хардвера и прикупљања звука до генерисања улаза, обуке и извршавања модела.

Седмо поглавље бави се верификацијом и перформансама, односно тестирањем и проценом успешности рада система.

Осмо поглавље је закључак у оквиру ког је истакнут значај рада у оквиру области којом се бави, и истакнути недостаци и потенцијална унапређења пројекта.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Саве Ступаревића бави се применом дубоког учења на системима са ограниченим ресурсима, са посебним освртом на препознавање говора уз помоћ библиотеке TensorFlow Lite for

Microcontrollers. У раду је детаљно објашњен концепт Tiny Machine Learning (TinyML) и његова повезаност са машинским учењем и наменским системима. Представљене су основне карактеристике и могућности микроконтролера STM32L476RG и експанзионе плоче X-NUCLEO-CCA02M2, као и процес аквизиције и обраде звучног сигнала.

Да би се боље разумео истраживачки део рада, реализован је систем за препознавање говора који препознаје команде yes, no и stop. Први модел је коришћен за управљање LED диодом, док је други примењен у игри „Слагалица“, за заустављање генерисања слова. Модели су обучени у TensorFlow окружењу, конвертовани у .tflite формат и припремљени за извршавање на микроконтролеру.

Основни доприноси рада су: 1) истраживање могућности примене дубоког учења у реалном времену на ресурсно ограниченим системима; 2) примена и анализа перформанси TensorFlow Lite for Microcontrollers библиотеке; 3) практична имплементација система за препознавање говора на STM32 платформи; 4) указивање на могућности даљег унапређења у области оптимизације модела, са акцентом на брзину извршавања.

5. Закључак и предлог

Кандидат Сава Ступаревић је у свом мастер раду успешно приказао примену дубоког учења на системима са ограниченим ресурсима, коришћењем библиотеке TensorFlow Lite for Microcontrollers. У изабраном пројекту за препознавање говора на STM32 микроконтролеру, остварен је јасан увид у принцип рада TinyML система, процес тренирања и извршавања модела на уређајима без оперативног система, као и уочена ограничења у погледу прецизности и брзине 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. Саве Ступаревића под називом „Примена дубоког учења на ресурсно ограниченим системима: препознавање говора коришћењем TensorFlow Lite for Microcontrollers библиотеке” прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 24.10.2025. године

Чланови комисије:

др Ненад Јовичић Ванредни професор
сагласан, 24.10.2025.

Марија Новичић Асистент
сагласан, 24.10.2025.