

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 17.06.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Алекса Костић под насловом „Развој система упозорења о напуштању саобраћајне траке". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Алекса Костић је рођен 21. 01. 2000. године у Бору. Завршио је основну школу „Вук Караџић" у Бору, где је добио Вукову диплому. Уписао је гимназију „Бора Станковић" у Бору 2014. године, где је такође добио Вукову диплому. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2018. године. Дипломирао је на одсеку за сигнале и системе 2022. године са просечном оценом 9,21. Дипломски рад одбранио је у септембру 2022. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије уписао је на Електротехничком факултету у Београду, на модулу Сигнали и системи у октобру 2022. године. У тренутку писања ове биографије положио је све испите на мастер студијама.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Алекса Костић је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе. Проучени су системи за упозорење о напуштању саобраћајне траке (енг. Lane Departure Warning, LDW), њихова архитектура и постојећа комерцијална решења, затим теоријске основе калибрације камере, као и два приступа детекцији саобраћајних трака: класични приступ заснован на методама компјутерске визије и приступ заснован на дубоким неуралним мрежама, пре свега на мрежи UltraFastLaneDetectionV2.

Истраживањем је утврђено да у литератури нема директног поређења ова два приступа у оквиру целокупног LDW система који ради у реалном времену на уграђеном хардверу, са истом камером и на истим снимцима. На основу тога је дефинисан циљ рада: развој комплетног LDW система око камере e-con Systems STURDeCAM88 и платформе NVIDIA Jetson AGX Orin, укључујући калибрацију камере, имплементацију оба приступа детекцији трака, алгоритам упозоравања и евалуацију на сопственим снимцима.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 80 страна, са укупно 38 слика, 9 табела и 45 референци. Рад садржи увод, 6 поглавља и закључак, списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и списак табела. Мастер рад је написан на енглеском језику.

Прво поглавље је увод у коме су описани предмет и циљ рада, основни допринос и организација рада.

У другом поглављу дефинисани су системи упозорења о напуштању саобраћајне траке. Дата је њихова класификација, функционална архитектура, преглед сензора као и преглед постојећих комерцијалних система.

У трећем поглављу описани су хардвер и софтверско окружење: платформа NVIDIA Jetson AGX Orin, аутомобилска камера STURDeCAM88 и програмски пакет NVIDIA JetPack са библиотекама CUDA и TensorRT, уз програмски језик Python.

У четвртном поглављу дата је теоријска основа модела камере и поступка калибрације. Описано је прикупљање калибрационих снимака.

У петом поглављу обрађена је детекција саобраћајних трака класичним и приступом заснованом на машинском учењу. Оба приступа упоређена су на јавном скупу података Jiqing Expressway помоћу заједничке метрике бочне грешке у пикселима.

У шестом поглављу описан је целокупан LDW систем: архитектура са заједничким интерфејсом ка оба детектора, постављање камере у возило и спољашња калибрација којом се добија хомографија између слике и равни пута, као и алгоритам упозоравања који чине естимација бочног растојања до граница траке, провера веродостојности према очекиваној ширини траке, одлука по фрејму и временско филтрирање.

Описано је и снимање сопственог скупа података на путу у околини Београда, са 217 ручно обележених догађаја напуштања траке

У седмом поглављу приказани су и анализирани резултати: тачност детекције напуштања траке за оба приступа, анализа лажних детекција по узроку и време извршавања сваког блока система на платформи Jetson AGX Orin. Поглавље се завршава дискусијом резултата и ограничења.

Осмо поглавље је закључак у коме су резимирани доприноси рада и дат предлог за даља истраживања.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Алексе Костића бави се развојем система упозорења о напуштању саобраћајне траке заснованог на камери, који ради у реалном времену на уграђеној платформи. Кандидат је реализовао комплетан хардверско-софтверски систем на платформи NVIDIA Jetson AGX Orin са камером STURDeCAM88, укључујући унутрашњу калибрацију камере и њену спољашњу калибрацију у возилу. Имплементирана су два приступа детекцији трака, класични и приступ заснован на дубоком учењу, и оба су преко заједничког интерфејса уграђена у исти LDW систем, што је омогућило њихово равноправно поређење.

На јавном скупу Jiqing Expressway класични приступ је нешто тачнији у типичном случају (средња бочна грешка 2,96 px наспрам 3,47 px). У целокупном систему на сопственим снимцима поредак се обрће: оба приступа детектују 216 од 217 обележених догађаја, али приступ заснован на дубоком учењу даје 1 лажну детекцију наспрам 19 код класичног приступа, уз покривеност од 97,75% наспрам 91,93%. Лажне детекције класичног приступа потичу од заштитних ограда, баријера у зони радова, пешачких прелаза и одсјаја сунца, које неурална мрежа не детектује као границе траке. Временска логика упозоравања смањује број лажних детекција за више десетина пута без губитка иједне тачне детекције. Оба система извршавају се знатно испод периода фрејма од 33,3 ms: класични приступ за 5,36 ms, а приступ заснован на дубоком учењу за 6,42 ms по фрејму.

Основни доприноси рада су: 1) комплетан LDW систем на платформи Jetson AGX Orin са камером STURDeCAM88, укључујући калибрацију камере; 2) имплементација и поређење два приступа детекцији саобраћајних трака на циљној платформи; 3) модулarna архитектура система која омогућава замену детектора без измене осталих делова; 4) снимљен и обележен скуп података реалне вожње за евалуацију; 5) експериментална анализа тачности и времена извршавања, која показује да је приступ заснован на дубоком учењу робуснији у реалним условима.

5. Закључак и предлог

Кандидат Алекса Костић је у свом мастер раду успешно развио систем упозорења о напуштању саобраћајне траке који ради у реалном времену на платформи NVIDIA Jetson AGX Orin, имплементирао и упоредио два приступа детекцији саобраћајних трака и систем евалуирао на сопственим снимцима реалне возње.

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. Алексе Костића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 10.09.2026. године

Чланови комисије:

др Драгомир Ел Мезени Доцент
сагласан, 10.09.2026.

др Ненад Јовичић Ванредни професор
сагласан, 10.09.2026.