

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 23.06.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Зоран Граховац под насловом „Развој система за сегментацију и просторну анализу прехранбених производа на покретној траци“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Зоран Граховац је рођен 18. 06. 1994. године у Бањој Луци. Основне академске студије завршио је на Машинском факултету Универзитета у Бањој Луци, на студијском програму Мехатроника, са просечном оценом 9,59, а мастер академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, на смеру Аутоматско управљање, са просечном оценом 9,75. Добитник је више признања за академски успех, међу којима су Златна значка Универзитета у Бањој Луци и награде декана Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци и Машинског факултета Универзитета у Београду. Мастер академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Модулу за сигнале и системе уписао је у октобру 2024. године. Положио је све испите са просечном оценом 9,20.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Зоран Граховац је као припрему за израду мастер рада спровео истраживање релевантне литературе из области компјутерске визије, дубоког учења и индустријске аутоматизације. Анализирани су приступи детекцији објеката и инстанцној сегментацији, са посебним освртом на једностепене YOLO моделе, као и поступци процене оријентације објеката из сегментационих маски. Размотрене су метрике за евалуацију детекције и сегментације, укључујући прецизност, одзив, F1 меру, IoU и mAP, као и постојећа решења примене компјутерске визије у прехранбеној индустрији и на транспортним системима. Анализа је показала да инстанцна сегментација представља погодну основу за посматрани задатак, јер поред класе и положаја обезбеђује и прецизнији опис контуре производа, који се може користити за накнадно одређивање центра, приближних димензија и оријентације. На основу ових разматрања изабран је модел YOLOv8s-seg и приступ у којем се излаз наученог модела допуњује детерминистичком геометријском обрадом сегментационе маске.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 70 страна, рачунајући од увода до краја закључка, са укупно 37 слика, 7 табела и 51 референцом. Рад садржи увод, шест централних поглавља и закључак (укупно 8 поглавља), као и списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Образложена је потреба за применом компјутерске визије у аутоматизацији процеса засецања пекарских производа и наведени су конкретни доприноси рада.

У другом поглављу изложене су теоријске основе компјутерске визије у индустријској аутоматизацији, детекције објеката и инстанцне сегментације.

Треће поглавље описује формирање скупа података у реалном индустријском окружењу.

У четвртном поглављу описани су припрема и предобрада података. Представљени су COCO формат за сегментацију, полигоналне анотације и RLE маске, поступак конверзије анотација у YOLO сегментациони формат, нормализација координата и коначна структура података за обучавање, валидацију и тестирање.

Пето поглавље приказује избор архитектуре YOLOv8s-seg, примену унапред обучених тежина и конфигурацију процеса обучавања.

У шестом поглављу спроведена је детаљна евалуација финалног модела. Анализирани су ток обучавања, функције губитка, прецизност, одзив, mAP метрике, криве прецизност–одзив и F1 мере, резултати по класама и матрице конфузије на валидационом и независном тестном скупу.

Седмо поглавље описује реализовани систем за инференцију над видео записима. Приказани су архитектура система, обрада појединачних кадрова, издвајање сегментационих маски и контура, детекција и класификација производа, као и поступак процене центра, приближних димензија и оријентације

применом геометријске обраде маске.

Осмо поглавље представља закључак у коме су систематизовани остварени резултати, ограничења реализованог прототипа и правци даљег развоја.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Зорана Граховца бави се развојем целовитог система компјутерске визије за препознавање и просторну анализу пекарских производа у реалном индустријском окружењу. Посебан значај рада је у повезивању инстанцне сегментације са накнадном геометријском анализом, тако да се за сваку детектовану инстанцу, поред класе и сегментационе маске, одређују центар, приближне димензије и оријентација главне осе у равни слике. На тај начин резултат модела добија облик погодан за даљу употребу у систему аутоматизованог засецања.

За потребе рада формиран је скуп од 2191 RGB слике са 21 731 аотираном инстанцом пет класа пекарских производа, прикупљених у реалном производном окружењу. Финални модел YOLOv8s-seg на тестном скупу остварио је за сегментационе маске прецизност и одзив од 0,995, mAP50 од 0,995 и mAP50–95 од 0,941, док је mAP50–95 за граничне оквире износио 0,991. У матрици конфузије без позадинске класе није забележена директна замена једне класе другом. Када је укључена позадинска класа, на тестном скупу забележена је 21 пропуштена инстанца и 10 лажно позитивних детекција, при чему се највећи простор за унапређење сегментације уочава код класе `white_bread_stick`.

Основни резултати рада су: 1) формирање и ручна провера доменски специфичног скупа података из реалног индустријског окружења; 2) реализација поновљивог поступка припреме и конверзије сегментационих анотација из COCO у YOLO формат; 3) обучавање и евалуација модела YOLOv8s-seg за пет класа производа; 4) развој софтверског модула за инференцију и детерминистичку геометријску анализу сегментационих маски; и 5) провера брзине рада система, при чему је у режиму без визуелизације просечно време обраде једног кадра износило 70,32 ms, односно 14,22 кадра у секунди. Реализовано решење представља основу за будућу калибрацију, метролошку проверу и интеграцију са извршним подсистемом, које нису обухваћене реализованим прототипом.

5. Закључак и предлог

Кандидат Зоран Граховац је у свом мастер раду успешно реализовао и практично проверио прототип система за инстанцну сегментацију и просторну анализу пекарских производа на покретној траци. Систем обједињује формирање и припрему доменски специфичног скупа података, обучавање и евалуацију модела YOLOv8s-seg, инференцију над видео записима и детерминистичко издвајање геометријских параметара из сегментационих маски. Добијени резултати показују високу поузданост модела у дефинисаном производном окружењу и практичну употребљивост развијеног приступа као основе за наредну фазу аутоматизације.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у раду, као и способност да повеже теоријске основе компјутерске визије и дубоког учења са практичним захтевима индустријског система. Посебно се издваја целовитост реализованог поступка, од прикупљања и припреме података, преко обучавања и квантитативне евалуације модела, до софтверске реализације инференције и геометријске анализе.

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

Београд, 22.08.2026. године

Чланови комисије:

др Вељко Папић Ванредни професор
сагласан, 20.08.2026.

др Томислав Шекара Редовни професор
сагласан, 22.08.2026.