

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 21.10.2025 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Михаило Пушица под насловом „Детекција објеката у спорту фистбол применом YOLO модела у реалном времену“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Михаило Пушица је рођен 23.01.1999. године у Београду. Завршио је основну школу „14. октобар“ у Београду као вуковац. Уписао је Математичку гимназију у Београду, коју је завршио са одличним успехом. Током школовања освојио је више награда на државним такмичењима из физике и математике. Електротехнички факултет уписао је 2018. године. Дипломирао је на одсеку за Сигнале и системе 2024. године са просечном оценом 7,70. Дипломски рад, одбранио је у септембру 2024. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Сигнале и системе, уписао је у октобру 2024. године.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Михаило Пушица је, као припрему за израду мастер рада, проучио релевантну литературу из области компјутерске визије, дубоког учења и детекције објеката. Истраживање је обухватило једноетапне и двоетапне детекторе, развој YOLO породице, transfer learning и поступак додатног обучавања модела, као и метрике за оцену детекције и локализације објеката.

Посебна пажња посвећена је детекцији малих и брзих објеката у спортским видео-снимцима. Анализирани су проблеми који настају због малог броја пиксела, замућења услед кретања, заклањања и наглих промена правца лопте. Размотрени су и приступи који користе просторна обележја на више скала и временске информације из узастопних кадрова. На основу тог прегледа изабран је YOLO11s као основа за практични део рада, уз проверу могућности његовог прилагођавања фистбол снимцима.

У оквиру истраживања испитане су и техничке специфичности Ultralytics имплементације, COCO мапирање класа person и sports ball, начин припреме анотација и поступак валидације. Тако је формирана методологија која задржава постојеће COCO идентификаторе и детекциону главу модела, а перформансе пре и после додатног обучавања пореди на истом валидационом скупу.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 41 нумерисану страну, рачунато од увода до краја списка литературе. Садржи 12 слика, 8 табела и 31 библиографску референцу. Рад је организован у дванаест нумерисаних поглавља, од којих је прво увод, а дванаесто закључак, након чега је дат списак коришћене литературе.

У првом поглављу дефинисани су предмет, циљ и организација рада. Друго поглавље даје теоријске основе компјутерске визије, конволуционих неуронских мрежа и детекције објеката, уз објашњење мера IoU, Precision, Recall, F1 и mAP. Треће поглавље описује развој YOLO модела, архитектуру YOLO11s, transfer learning и значење COCO идентификатора класа.

Четврто поглавље разматра специфичности фистбола и објашњава зашто је лопта захтевна за детекцију у широком кадру. Пето поглавље описује формирање скупа од 100 ручно означених фрејмова, правила анотације, конверзију координата и поделу по изворним видео-секвенцама. У шестом поглављу приказани су хардверско и софтверско окружење, организација Python пројекта, припрема података, протокол евалуације и обрада видео-снимка.

Седмо поглавље описује додатно обучавање YOLO11s модела, проверу преноса pretrained тежина, изабране параметре и ток обучавања. Осмо поглавље садржи квантитативне резултате и поређење полазног и прилагођеног модела на истом валидационом скупу. У деветом поглављу приказана је примена оба модела на додатном неанотираном видео-снимку, уз мерење брзине и квалитативну анализу детекција.

Десето и једанаесто поглавље тумаче резултате, ограничења скупа података и евалуације, као и могуће правце даљег рада. Разматрају се проширење скупа, независан тест скуп, праћење лопте кроз више фрејмова и оптимизација брзине извршавања. У дванаестом поглављу сумирани су најважнији резултати и закључци рада.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад се бави развојем и провером система за детекцију особа и лопте на фистбол снимцима применом YOLO11s модела. Практични део обухвата цео поступак, од провере и конверзије ручних анотација, преко додатног обучавања модела, до валидације и обраде новог видео-снимка. Посебан акценат стављен је на лопту, јер је она у широком кадру мала, брза и често замућена или заклоњена.

Скуп података садржи 100 фрејмова резолуције 2316×1080 пиксела, са 578 означених инстанци класе person и 100 инстанци класе sports ball. Укупно је означено 678 објеката. Полазне пикселске координате преведене су у нормализовани YOLO формат, а исправност конверзије проверена је повратним прорачуном. Додатно обучавање започето је из pretrained датотеке yolo11s.pt. Задржани су COCO идентификатори 0 за person и 32 за sports ball, као и детекциона глава са 80 класа. Резултати показују да модел после прилагођавања проналази већи део стварних лопти и укупно боље локализује оба типа објеката.

Полазни и прилагођени модел примењени су и на исти додатни, ручно неанотирани видео од 1262 фрејма. Просечна end-to-end брзина износила је 8,60 фрејмова у секунди за полазни модел и 9,39 фрејмова у секунди за најбољи прилагођени модел. Постигнута брзина није довољна за обраду стандардног сигнала од 25 или 30 фрејмова у секунди без заостајања, али је систем употребљив за офлајн анализу.

Кључни стручни допринос рада је доследно реализован и проверљив поступак прилагођавања pretrained YOLO11s модела фистбол снимцима. Рад обухвата контролу анотација, поделу података по видео-групама, проверу преноса тежина, упоредиву евалуацију и видео pipeline са мерењем целокупног времена обраде. Квантитативни резултати су јасно одвојени од квалитативних запажања на неанотираном видеу. Ограничења малог скупа од 100 фрејмова и валидационог скупа од 27 слика правилно су наведена, па су резултати представљени као почетна провера применљивости приступа.

5. Закључак и предлог

Кандидат Михаило Пушица је у мастер раду успешно реализовао систем за детекцију особа и фистбол лопте заснован на YOLO11s моделу. Припремио је означени скуп података, спровео додатно обучавање полазног модела, дефинисао упоредив поступак евалуације и применио добијени модел на новом видео-снимку. Резултати на доступном валидационом скупу показују јасно побољшање укупних mAP вредности и бољи одзив при детекцији лопте.

Рад је методолошки јасно постављен, технички коректно реализован и написан у складу са постављеним циљем. Кандидат је критички протумачио резултате и навео ограничења која потичу од малог скупа података, одсуства независног означеног тест скупа и брзине обраде на Apple M1 рачунару. Предложени правци даљег рада логично се надовезују на реализовани систем.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Михаила Пушице под насловом „Детекција објеката у спорту фистбол применом YOLO модела у реалном времену” прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 14.09.2026. године

Чланови комисије:

др Вељко Папић Ванредни професор
сагласан, 13.09.2026.

др Томислав Шекара Редовни професор
сагласан, 14.09.2026.