

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 01.09.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Марко Секанић под насловом „Робусно склапање роботским манипулатором применом импедансног управљања и контактне претраге". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Марко Секанић је рођен 23.10.2002. године у Београду. Завршио је основну школу „Карађорђе” у Београду као вуковац. Уписао је Трећу београдску гимназију у Београду коју је завршио са одличним успехом. Електротехнички факултет уписао је 2021. године. Дипломирао је на одсеку за Сигнале и системе 2025. године са просечном оценом 8,5. Дипломски рад одбранио је у октобру 2025. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за сигнале и системе уписао је у новембру 2025. године.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Марко Секанић је као припрему за израду мастер рада спровео истраживање релевантне литературе из области роботског склапања и управљања роботским манипулаторима у контакту са окружењем. Анализирани су класични и савремени приступи *peg-in-hole* задацима, утицај грешака позиционирања и контактних услова, пасивна попустљивост, хибридно управљање положајем и силом, импедансно и адмитансно управљање, као и детерминистичке стратегије контактне претраге. Посебно су размотрени сензорски и адаптивни приступи, употреба информација о сили и моменту и савремене методе засноване на машинском учењу и учењу подстицањем. На основу прегледа литературе изабрана је комбинација управљања у операционом простору, фазно променљивог импедансног понашања, повратне спреге по контактном оптерећењу и спиралне претраге као основа за развој и експериментално поређење управљачких стратегија.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 64 стране, рачунајући од увода до краја списка литературе, са 17 слика, 5 табела и 22 референце. Након литературе дати су списак скраћеница, списак слика и списак табела. Рад садржи девет поглавља.

У првом поглављу изложени су мотивација, предмет, циљ и доприноси рада, са фокусом на робусно роботско склапање при почетној грешци позиционирања и поређење контактано-адаптивног приступа са режимом фиксне високе крутости.

Друго поглавље даје преглед литературе из области роботског склапања, *peg-in-hole* задатака, попустљивог, импедансног и хибридног управљања, контактне претраге и метода заснованих на учењу.

У трећем поглављу приказане су теоријске основе импедансног управљања, кинематика и динамика манипулатора, управљање у операционом простору, параметри импедансе, стабилност и регулација контактне силе.

Четврто поглавље описује *MuJoCo/robosuite* симулационо окружење са *Panda* манипулатором за уметање квадратне навртке на клин, геометрију задатка, обраду контактних сила и увођење контролисане ХУ грешке.

Пето поглавље представља развијену управљачку архитектуру засновану на *OSC_POSE* регулатору, променљивим појачањима, регулацији контактне оптерећења, адаптацији бочног кретања и спиралној претрази.

У шестом поглављу дефинисана је експериментална методологија за одступања од 0, 5 и 10 mm, са по 30 епизода за сваки управљачки режим.

Седмо поглавље садржи анализу успешности, контактних оптерећења, грешака поравнања и праћења и трајања процеса. У осмом поглављу дата је физичка интерпретација резултата и ограничења њиховог тумачења.

Девето поглавље сумира доприносе и ограничења рада и предлаже даљи развој кроз примену на физичком роботу, проширење експеримената, адаптивну претрагу и интеграцију визуелне перцепције.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Марка Секанића бави се робусним роботским склапањем у условима грешке позиционирања и контакта са окружењем. Развијени приступ комбинује OSC_POSE управљање са фазно променљивим појачањима, корекцију кретања на основу контактних оптерећења и спиралну претрагу. Систем је реализован у MuJoCo/robosuite окружењу са Panda манипулатором и упоређен са режимом фиксне високе крутости.

Испитивање је обухватило 180 симулационих епизода за почетна XY одступања од 0, 5 и 10 mm. При 0 и 5 mm оба режима остварила су 100% успешности, док је при 10 mm развијени режим успешно завршио 30/30 епизода, а режим фиксне високе крутости 16/30, односно 53,3%. Разлика је статистички значајна ($p < 0,001$). При истом одступању максимално нормално оптерећење смањено је са 25,296 N на 3,393 N, а бочно са 18,822 N на 3,082 N, што представља смањење од око 86,6% и 83,6%.

Главни доприноси рада су реализација комплетног симулационог система за контактено склапање, примена фазно променљивог контактеног понашања, интеграција контактне повратне спреге, реализација спиралне претраге и систематско статистичко поређење управљачких режима. Развијени приступ показао је већу робусност, мања контактна оптерећења и нешто мању RMS XY грешку праћења. Основни компромис представља дуже трајање SEARCH+INSERT фазе при највећем одступању, док резултати одражавају дејство целокупне развијене архитектуре.

5. Закључак и предлог

Кандидат Марко Секанић је у свом мастер раду успешно развио и у симулационом окружењу испитао управљачку архитектуру за робусно роботско склапање применом импедансног управљања и контактне претраге. Реализовани систем омогућава извршавање комплетне секвенце хватања, транспорта, успостављања контакта, претраге, финог уметања и провере успешности, уз прилагођавање управљачког понашања контактним условима.

Кандидат је током израде рада показао самосталност и систематичност у формулисању проблема, примени теоријских основа управљања роботима у контакту, развоју симулационог и управљачког система и осмишљавању експерименталне методологије. Добијени резултати јасно показују предност развијеног приступа у захтевнијим условима склапања, уз коректно разматрање ограничења симулационе валидације и праваца даљег рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Марка Секанића под насловом „Робусно склапање роботским манипулатором применом импедансног управљања и контактне претраге” прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 11.09.2026. године

Чланови комисије:

др Никола Кнежевић Доцент
сагласан, 11.09.2026.

др Коста Јовановић Ванредни професор
сагласан, 11.09.2026.