

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 16.09.2025 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Лука Ћирић под насловом „Дизајнирање система за 3Д визуализацију модела крвних судова на основу роботски управљаног ултразвучног скенирања". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Лука Ћирић је рођен 10.10.1999. године у Зајечару. Завршио је основну школу „Десанка Максимовић” у Зајечару као вуковац. Уписао је „Зајечарску гимназију“ у Зајечару коју је завршио са одличним успехом. Током школовања учествовао је и освајао награде на републичким такмичењима из спорта, математике и физике, захваљујући којој је и 2018. године уписао Електротехнички факултет без полагања пријемног испита, а са максималним бројем поена. Дипломирао је 2022. године на одсеку за Физичку електронику, смер Биомедицински и еколошки инжењеринг са просечном оценом 9,13. Дипломски рад одбранио је у септембру 2022. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу за Биомедицински и еколошки инжењеринг уписао је у октобру 2022. године.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Лука Ћирић је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област којој припада тема мастер рада. Анализирана су истраживања која се баве 3Д визуализацијом структура путем ултразвучног скенирања, као и истраживања која се баве колаборацијом робота, ултразвучног апарата и човека. Савремена истраживања у области 3Д ултразвучног снимања усмерена су на аутоматизацију процеса скенирања како би се смањила зависност од вештине и искуства оператора. Увођење роботски контролисаних система омогућава прецизно и поновљиво померање ултразвучне сонде чиме се побољшава тачност 3Д реконструкције. Овакав приступ отвара могућности за стандардизацију ултразвучног снимања и прецизнију квантитативну анализу реконструисаних волумена. Стога је циљ овог мастер рада пројектовање и верификација система за 3Д визуализацију модела крвних судова помоћу роботски управљаног ултразвучног скенирања.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 43 стране са укупно 37 слика, 8 табела и 25 референци. Рад садржи увод, 3 поглавља и закључак (укупно 5 поглавља), списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Прво поглавље представља увод у коме је приказан концепт тродимензионалног ултразвучног скенирања и начина на које се у литератури анализира квалитет реконструкције и визуализације. Посебна пажња посвећена је интеграцији роботских система у ултразвучну навигацију и њиховој улози у стандардизацији путање ултразвучне сонде и контактне силе.

У другом поглављу је описан дизајн система за роботски управљано ултразвучно скенирање линеарном ултразвучном сондом. Најпре је приказан поступак израде хватаљке, а потом су описана три режима аквизиције ултразвучних слика: 1) током роботског управљања на основу планирање трајекторија, 2) током роботског управљања на основу картезијанске импедансне контроле, 3) током мануелног вођења ултразвучне сонде од стране човека. Коначно, описана је предобрада и сегментација ултразвучних слика (методом раста региона и методом активних контура), као и процес 3Д визуализације модела крвног суда. Треће поглавље приказује резултате утицаја силе притиска (дубине урањања), брзине скенирања и угла ултразвучне сонде на приказ сегментисаног попречног пресека и 3Д визуализацију крвног суда за све режиме управљања кретањем ултразвучне сонде.

У четвртном поглављу су дискутовани добијени резултати у контексту прецизности 3Д реконструкције и утицаја параметара скенирања. Дискутован је утицај брзине померања и дубине урањања на квалитет сегментације крвног суда, као и утицај промене калибрационе матрице на кретање робота и квалитет скенирања, уз поређење перформанси роботског и мануелног приступа. Посебно су размотрене разлике

између примењених метода сегментације и њихове поузданости при различитим условима снимања.

Пето поглавље је закључак у оквиру кога су сумирани доприноси рада, дата закључна разматрања и предложени кораци у будућем раду.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Луке Ћирића се бави развојем методе која омогућава аутоматско и прецизно добијање тродимензионалног приказа васкуларне структуре коришћењем стандардне ултразвучне опреме у комбинацији са индустријским колаборативним роботом.

У оквиру овог мастер рада је конструисан систем који се састоји од колаборативног робота Franka Emika (Franka Robotics, Минхен, Немачка) и клиничког дијагностичког ултразвучног апарата Consona N6 Pro (Mindray, Кина), повезаног путем capture картице са рачунаром. За скенирање линеарном сондом (модел L13-3) је коришћен медицински фантом који у себи садржи симулацију два равна крвна суда. Најпре су конструисане адекватне хватаљке за роботску руку погодне за прилазак фантому и скенирање слика фантома (фрејмова) по дужини. За 3Д скенирање је коришћен модел CR – Scan Ferret Pro 3D Scanner (Creality, Куан-тунг, Кина), а за пројектовање хватаљки је коришћен програм Autodesk fusion (Autodesk, САД). Потом су прикупљени ултразвучни снимци за три режима навигације ултразвучном сондом: у мануелном режиму управљања сондом и у два роботска режима управљања (на основу планирање трајекторија и на основу картезијанске импедансне контроле). Даља обрада снимљеног видеа је извршена у програмском језику Python, и укључује сегментацију крвних судова методом раста региона и методом активних контура као и 3Д визуализацију скенираног крвног суда применом директног запреминског рендеровања помоћу Visualisation Toolkit (VTK) библиотеке. Процена квалитета сегментације за сва три режима управљања кретањем ултразвучне сонде је извршена применом Dice-овог коефицијента и Hausdorff-ове удаљености.

Главни допринос овог мастер рада се састоји у дизајнирању и верификацији система за 3Д визуелизацију модела крвних судова на основу ултразвучних слика насталих мануелним и роботским вођењем ултразвучне сонде, као и у анализи утицаја параметара роботског управљања на квалитет 3Д реконструкције.

5. Закључак и предлог

Кандидат Лука Ћирић је у свом мастер раду успешно дизајнирао и верификовао систем за 3Д визуелизацију модела крвних судова заснован на роботски управљаном ултразвучном скенирању и испитао утицај параметара роботског управљања на квалитет 3Д визуелизације модела. Предложена методологија представља значајан корак у правцу извођења стандардизованог, поновљивог и прецизно контролисаног процеса тродимензионалног ултразвучног скенирања.

Кандидат Лука Ћирић је показао самосталност у упознавању и истраживању теме, систематичност и иновативност у реализацији истраживања, као и презентовању својих резултата. На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да се рад дипл. инж. Луке Ћирића прихвати као мастер рад и да се кандидату одобри јавна усмена одбрана.

Београд, 17.10.2025. године

Чланови комисије:

др Милица Јанковић Редовни професор
сагласан, 17.10.2025.

др Коста Јовановић Ванредни професор
сагласан, 17.10.2025.