

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Владимира Јоцовића 2018/5023, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком бр. 1470-28 од 10.10.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Владимира Јоцовића 2018/5023 под насловом

Аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције

(енг. *Automated assessment of pen and paper tests using artificial intelligence*)

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Модулу за Софтверско инжењерство, Кандидат је уписао у октобру 2018. године.

Кандидат је 15.03.2023. пријавио тему докторске дисертације Катедри за рачунарску технику и информатику на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Катедра за рачунарску технику и информатику на Електротехничком факултету Универзитета у Београду је на својој седници одржаној 29.03.2023. размотрила пријаву теме докторске дисертације Кандидата и утврдила да је надлежна за разматрање пријављене теме докторске дисертације, тј. да тема припада ужој научној области у оквиру које је оформљено изборно подручје студента, као и да су пријава и њени прилози достављени од стране Кандидата суштински и формално ваљани и комплетни.

Катедра за рачунарску технику и информатику на Електротехничком факултету Универзитета у Београду је дала препоруку именовања ментора и два члана Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације. Дату препоруку Катедра за рачунарску технику и информатику на Електротехничком факултету Универзитета у Београду је проследила Комисији за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду, која је на својој седници одржаној 04.04.2023. усвојила добијену препоруку од Катедре за рачунарску технику и информатику на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће је на 885. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду одржаној 11.04.2023. именovalo Комисију за оцену

научне заснованости теме докторске дисертације Кандидата (одлука 551/27, датум 24.04.2023.) у следећем саставу:

1. др Милош Цветановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Јелица Протић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
3. др Душан Старчевић, емеритус редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука
4. др Игор Тартаља, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
5. др Горан Квашчев, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Јавна усмена одбрана теме докторске дисертације Кандидата одржана је 11.05.2023. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у периоду 14-15 часова и њој су присуствовали сви чланови Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације. Кандидат је успешно одговорио на сва питања чланова Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, пружајући довољно детаља у својим одговорима. Стога, Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације сматра да је Кандидат на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену **задовољно**. Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације је саставила извештај који је поднела Комисији за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 06.06.2023. усвојила извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Кандидата.

Наставно-научно веће је на 887. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду одржаној 13.06.2023. усвојило извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Кандидата.

Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 03.10.2023. усвојила одлуку за предлог именовања Комисије за оцену докторске дисертације Кандидата.

Наставно-научно веће је на 890. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду одржаној 10.10.2023. усвојило предлог Комисије за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду за именовање Комисије за оцену докторске дисертације Кандидата у следећем саставу:

1. др Милош Цветановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Јелица Протић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
3. др Душан Старчевић, емеритус редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука
4. др Игор Тартаља, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
5. др Горан Квашчев, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација Кандидата припада ужој научној области „Вештачка интелигенција“, а научној области „Рачунарска техника и информатика“, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду надлежан. Ментори проф. др Бошко Николић и доц. др Саша Стојановић поседују одговарајуће компетенције за вођење докторске дисертације из ове научне области и њене уже научне области, имајући у виду да се дисертација бави аутоматизацијом оцењивања папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције, машинског учења и компјутерске визије.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Владимир Јоцовић, дипл. инж. електротехнике и рачунарства, рођен је 25.11.1993. године у Београду. Основну школу „Бранко Радичевић“ завршио је у Београду као ђак генерације и носилац Вукове дипломе. Девету гимназију у Београду (природно-математички смер) завршио је као носилац Вукове дипломе. Током основне и средње школе такмичио се и освајао награде и похвале на градским и републичким такмичењима из математике, физике и српског језика. Поседује дипломе Кембриџ универзитета за енглески језик (нивои Б2 и Ц1).

Уписао се 2012. године на Електротехнички факултет Универзитета у Београду, студијски програм Софтверско инжењерство, а дипломирао 2016. године са просечном оценом 9.89. Дипломски рад „Едукативни Веб систем за визуелизацију алгоритама претраживања“ под менторством проф. др Бошка Николића одбранио је у септембру 2016. са оценом 10. Током основних студија био је ангажован као демонстратор на више од 10 предмета на Катедри за рачунарску технику и информатику.

Добитник је више стипендија: студентима високошколских установа у Републици Србији, студентима високошколских установа у Београду, стипендија Министарства просвете за изузетно надарене студенте, стипендије за најбоље студенте завршних година основних и мастер академских студија (Доситеја) итд.

Мастер академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Модулу за Софтверско инжењерство уписао је у октобру 2016. године, а дипломирао 2018. године са просечном оценом 9.5. Мастер рад „Унапређење софтверског система за процену нивоа звучне изолације различитих конструкција“ под менторством проф. др Бошка Николића одбранио је у септембру 2018. године са оценом 10.

Докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Модулу за Софтверско инжењерство уписао је у октобру 2018. године. Положио је све испите са оценом 10 и остварио 120 ЕСПБ. У истраживачком раду усмерио се ка аутоматизацији оцењивања коришћењем области вештачке интелигенције: машинског учења и компјутерске визије.

Од децембра 2016. године запослен је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду као сарадник у настави на Катедри за рачунарску технику и информатику, а потом од децембра 2018. године као асистент. Тренутно је ангажован као асистент на 10 предмета који се изводе на студијским програмима Софтверско инжењерство и Рачунарска техника и информатика: Практикум из коришћења рачунара, Увод у рачунарство, Практикум из програмирања 1, Практикум из програмирања 2, Програмирање 1, Програмирање 2, Објектно-оријентисано програмирање 1, Објектно-оријентисано програмирање 2, Интелигентни системи, Интелигентни сервис и системи.

Током мастер и докторских студија објавио је као аутор или коаутор 12 научних радова на домаћим и међународним конференцијама, као и 2 рада у врхунским међународним часописима са импакт фактором (M21 и M22 категорије). Рецензирао је радове на

конференцији ETRAN. Коаутор је уџбеника „Збирка решених испитних задатака из Програмирања 2“.

Учесник је на више међународних, научних и комерцијалних пројеката.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Обим докторске дисертације Кандидата износи укупно 139 страна, од чега је 125 страна нумерисано. Структура докторске дисертације састоји се од укупно 6 нумерисаних поглавља:

1. Увод
2. Класификација најчешће коришћених питања на папирним тестовима
3. Преглед постојећих решења за аутоматизовано оцењивање папирних тестова
4. Имплементациони детаљи предложеног система
5. Евалуација имплементираних система
6. Закључак

и једног ненумерисаног поглавља литературе. Докторска дисертација садржи укупно 73 слике, 21 псеудо код, 9 табела и 81 референцу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Постоји све веће присуство персоналних рачунара, Интернета и Светске мреже, који се могу користити, између осталог, и у сврхе преношења знања и његове евалуације. У те сврхе развијене су платформе за електронско учење и оцењивање кандидата. Међутим, постоје институције које не могу да спроводе процесе испитивања коришћењем платформи за електронско учење услед организационих проблема, недостатка поверења у заштићеност процеса испитивања које се изводи на овај начин, недостатка адекватног особља способног за руковођење овим платформама, недостатка рачунарских ресурса и особља задуженог за њихово администрирање итд. Стога, папирни тестови су и даље широко коришћени метод испитивања и оцењивања кандидата. Ипак, папирне тестове је неопходно ручно прегледати, што је неинспиративан и заморан посао, који је подложен грешкама. Такође, ручно прегледање уводи дозу субјективности прегледача који често није у стању да одржи исти критеријум у процесу ручног прегледања. Поред тога, понекад је резултате тестирања неопходно добити у најкраћем могућем року. Због тога је неопходно извршити аутоматизацију процеса прегледања папирних тестова како би се превазишли претходни проблеми. Наведена је улога вештачке интелигенције, машинског учења и компјутерске визије, као и њихова употреба у аутоматизованом оцењивању папирних тестова. Приказана је мотивација за увођење аутоматизованог оцењивања кандидата, као и процес развоја аутоматизованог оцењивања студентских радова различите врсте на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Наведене су полазне хипотезе на којима се ово истраживање заснивало. Саопштени су остварени доприноси овог истраживања. Приказан је кратак опис поглавља докторске дисертације који следе. Ово је описано поглављем број 1.

С обзиром да разноврсни тестови нуде палету различитих питања, било је неопходно прикупити различите врсте питања која се користе у тестовима, анализирати суштину онога што таква питања испитују и на основу тога извршити њихову класификацију уз увођење сопствене номенклатуре. Класификацију је, између осталог, било неопходно урадити и зато што многе институције које спроводе тестирања кандидата користе суштински исти тип питања, али уводе различиту конвенцију за њихово именовање, те је поред класификације најчешће коришћених питања на тестовима потребно извршити обједињавање једним називом оних типова питања који заправо представљају тип питања исте врсте. Поред увођења класификације питања, објашњен је и сваки тип питања, као и шта је мотивација за постављање таквог типа питања на тесту. Ово је описано поглављем број 2.

Било је потребно фокусирати се и на постојећа решења у овој области, те је на основу претходно предложене нове класификације питања извршена категоризација постојећих решења која пружају могућност аутоматизованог оцењивања тестова. Сprovedена је и исцрпна анализа постојећих решења од интереса у области аутоматизованог оцењивања тестова, која је за сваки систем подразумевала: навођење сврхе система, структуре система, технологија у којима је систем реализован, алгоритама које систем примењује, области вештачке интелигенције које систем користи, уочавање предности и недостатака система, категоризацију система према способности да детектује и оцењује претходно класификоване типове питања, као и ограничења под којима систем ради и његова коначна евалуација. Ово је описано поглављем број 3.

Истраживање је подразумевало реализовање система за аутоматизовано оцењивање папирних тестова реализацијом сопствених алгоритама који се наслањају на области вештачке интелигенције: машинско учење и компјутерску визију, као и презентовање његових детаља. Систем је реализован у програмском језику који пружа подршку за машинско учење и компјутерску визију и даје најбоље перформансе. Систем као улаз добија слике страница папирних тестова у дигиталном облику над којима најпре примењује алгоритме трансформације слике, а затим комбиновањем сопствених и доступних алгоритама за детекцију региона од интереса и оцењивања врши њихову детекцију и оцењивање одређене класе питања. Такође, систем као улаз добија конфигурабилну датотеку која у себи садржи структуру папирног теста, на основу кога систем може извршити проверу успешности процеса детекције. Имплементирани систем, као резултат, поред оцењивања одређене класе питања врши и издвајање свих питања, као и класификацију невалидних тестова проузрокованих неисправним (од стране кандидата) попуњавањем одговора на питања. Циљ система је да пружи могућност поуздане детекције питања и њихових одговора на тесту приложеном систему у дигиталном облику и њиховог оцењивања у што краћем временском року. Ово је описано поглављем број 4.

Извршено је истраживање предложеног модела путем евалуације на обимном узорку попуњених папирних тестова, који су систему достављени у дигиталном формату и који су попуњени конвенционалним средствима, као што су обичне или хемијске оловке. Циљ истраживања био је да се оцени прецизност система у детекцији и оцењивању различитих типова питања. Током евалуације проучаване су и ситуације у којима систем није успео да изврши оцењивање са задовољавајућом прецизношћу. Иако су такви случајеви били ретки, од изузетног значаја је разумети зашто су се десили. На тај начин пружен је увид у изазове са којима се систем може сусрести. Овакве анализе имају за циљ да унапреде будуће развојне напоре и омогуће још боље резултате у аутоматском оцењивању папирних тестова. Такође, извршено је поређење реализованог система са постојећим системима који припадају истој класи питања, као и са системима који оцењују друге класе питања, у оној мери у којој се наведено поређење може спровести. Додатно, установљене су метрике на основу којих се вршила детаљна евалуација квалитета постојећих система, као и самог реализованог система. Такве метрике су прецизност приликом детекције питања и одговора, као и брзина која је неопходна за обраду једног питања или једне странице теста. Додатно, одређени системи уводе ограничења која утичу на формирање тестова, као што је неопходност раздвајања питања и одговора на одвојене обрасце. Ово је описано поглављем број 5.

На самом крају, на основу добијених резултата изведени су закључци о успешности истраживања и могућностима даљег унапређења реализованог система. Такође, разматране су и смернице за даље истраживање у овој области. Сумиран је истраживачки рад и пројектовани су потенцијални правци којима се може кренути ка даљем напретку на овом пољу. Ово је описано поглављем број 6.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Процес дигитализације обухвата све сфере нашег живота, укључујући и образовање. Самим тим, дужи низ година истраживања се спровode у циљу развоја квалитетних и ефикасних алата за електронско учење. И поред њиховог напретка, и даље постоје потреба да се процес испитивања кандидата обавља коришћењем папирних тестова. Кандидат Јоцовић је препознао ову потребу и анализирао папирне тестове који се користе на различитим нивоима студија и врста образовања. Резултат спроведене анализе је препознавање и класификација суштински истих типова питања на папирним тестовима који испитују знање кандидата на исти начин, али се за њих користе различита имена. На основу оригинално дефинисане класе питања, извршена је детаљна упоредна анализа доступних софтверских решења која врше аутоматизовано оцењивање папирних тестова. Број и перформансе анализираних софтверских система показује да се ради о веома актуелном и савременом проблему, чијем решењу умногоме помаже данашњи развој вештачке интелигенције и машинског учења. Затим је извршена опсежна евалуација таквих софтверских система према класи питања коју су способни да оцењују. Утврђено је да су софтверски системи за аутоматизовано оцењивање папирних тестова специјализовани за оцењивање тачно једне класе питања и да тренутно не постоји софтверски систем који је способан да оцењује све класе питања на папирним тестовима.

Циљ рада је да се реализује софтверски систем који би аутоматски оценио тестове који садрже питања различитих класа да би се на што опсежнији начин извршило испитивање кандидата. Имајући у виду да се недостаци једне класе питања могу надоместити предностима друге класе питања, утврђено је да постоји потреба за развојем таквог система, који је способан да аутоматски оцењује више класа питања. У оквиру рада Кандидат је предложио, имплементирао и тестирао над изузетно великим скупом података такав систем. Евалуацијом система су добијене веома високе перформансе које надмашују у погледу оцењивања различитих класа питања постојећа решења специјализована за оцењивање неке класе питања.

Приликом реализације система Кандидат је применио савремене концепте и методологије вештачке интелигенције и машинског учења. За различите класе питања су употребљени различити алгоритми за обраду слике, препознавање карактера, дубоког учења и неуралних мрежа. Успешна примена ових алгоритама је показана обрадом великог броја доступних тестова из различитих области (тестови из математике, српског језика, енглеског језика, језика мањина, ...).

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је наведена 81 релевантна библиографска референца. Кандидат је детаљно проучио литературу у области аутоматског оцењивања папирних тестова, коришћењем метода машинског учења и дубоког учења. Кандидат је показао ширину у сагледавању проблема који је предмет дисертације, цитирајући базичне радове из области докторске дисертације, али и актуелне радове објављене у престижним међународним часописима и зборницима радова међународних конференција. Списак литературе укључује и радове које је Кандидат публиковао као аутор верификујући научне доприносе ове дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су коришћене адекватне инжењерске и научне методе (засноване на релевантној литератури) које се тичу обраде папирног теста, дубоког и машинског учења. Истраживање је обухватило следеће целине:

- анализирање карактеристика питања која се појављују у папирним тестовима;

- класификација питања која се појављују у папирним тестовима на основу њихових карактеристика;
- анализа доступних софтверских решења за аутоматско оцењивање папирних тестова и препознавање њихових предности и мана;
- дизајн система и процедуре за скенирање и обраду папирних тестова;
- имплементирање новог алгоритма за обраду питања класе „Вишеструки избор“;
- имплементирање новог алгоритма за обраду питања класе „Повезивање“;
- имплементирање новог алгоритма за обраду питања класе „Кратки одговор“;
- евалуација имплементiranог система.

Кандидат је на потпуно професионалан начин применио методе научних истраживања. Истраживања су рађена на бази више десетина папирних тестова ученика и студената из различитих области.

3.4. Применљивост остварених резултата

Рад на докторској дисертацији је био инспирисан идејом да се превазиђу ограничења и неефикасност ручног прегледа већег броја папирних тестова. Методологија представљена у докторској дисертацији омогућава примену система на једноставан и прецизан начин приликом оцењивања папирних тестова. Добијене перформансе омогућавају преглед и десетине хиљада тестова и питања у најкраћем року. Угодан и ефикасан кориснички интерфејс омогућава употребу и од стране корисника који немају техничко и програмерско предзнање. Робусност и флексибилност предложеног система омогућава аутоматско оцењивање произвољно организованог и структурираног теста.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Разматрајући претходно приказане резултате досадашњег рада Кандидата и, узимајући у обзир све положене испите и стручне обавезе током докторских студија, успешну одбрану теме докторске дисертације, као и до сада објављене научне радове на научно-стручним скуповима, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата је утврдила да је Кандидат показао да је стекао неопходно искуство за самосталан научно-истраживачки рад. Такође, Комисија је изразила мишљење да је Кандидат способан да током израде докторске дисертације оствари резултате и доприносе који могу бити приказани и верификовани од стране међународне научне заједнице. Комисија је донела закључак и поднела извештај да је Кандидат испунио све неопходне и формалне услове да приступи изради докторске дисертације на предложеној теми.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени доприноси овог рада су:

- Анализа распрострањености извођења испитивања кандидата путем папирних тестова.
- Преглед и класификација најчешће коришћених питања на тестовима.
- Преглед и анализа постојећих система за аутоматизовано оцењивање тестова.
- Класификација постојећих система за аутоматизовано оцењивање тестова према унапред утврђеном шаблону.
- Имплементација система за аутоматизовано оцењивање тестова коришћењем техника вештачке интелигенције.
- Опсежна евалуација имплементiranог система над великим скупом папирних тестова у дигиталном облику.
- Поређење добијених резултата са резултатима релевантних истраживања.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Иако су персонални рачунари, интернет и платформе за електронско учење и евалуацију знања кандидата све доступнији, и даље постоје институције које спроводе процесе испитивања коришћењем папирних тестова. Постоји изванредан број суштински истих типова питања на папирним тестовима који испитују знање кандидата на исти начин, али се за њих користе различита имена. Стога је било неопходно извршити класификацију најчешће коришћених питања на папирним тестовима да би софтверска решења која врше аутоматизовано оцењивање папирних тестова могла лакше да се упоређују. Затим је извршена опсежна евалуација таквих софтверских система према класи питања коју су способни да оцењују. Утврђено је да су софтверски системи за аутоматизовано оцењивање папирних тестова специјализовани за оцењивање тачно једне класе питања и да тренутно не постоји софтверски систем који је способан да оцењује све класе питања на папирним тестовима. С обзиром да се тежи прављењу тестова који садрже питања различитих класа да би се на што опсежнији начин извршило испитивање кандидата и имајући у виду да се недостаци једне класе питања могу надоместити предностима друге класе питања, утврђено је да постоји потреба за системом који може да аутоматски оцењује више класа питања. Овакав систем је предложен, имплементиран и тестиран над изузетно великим скупом података, показује високе перформансе у свом раду и конкурентан је по питању перформанси у погледу оцењивања различитих класа питања у односу на постојећа решења специјализована за оцењивање неке класе питања.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M21, M22 или M23:

1. **Jocovic, V.**, Marinkovic, M., Stojanovic, S., Nikolic, B.: Automated assessment of pen and paper tests using computer vision, -*Multimedia Tools and Applications*, pp. 1-22, 2023 (**IF=3.6, M21**), (ISSN 1380-7501), (DOI: [10.1007/s11042-023-15767-2](https://doi.org/10.1007/s11042-023-15767-2))
2. **Jocovic, V.**, Nikolic, B., Bacanin, N.: Software System for Automatic Grading of Paper Tests, -*Electronics*, vol. 12, no. 19, pp. 1-24, 2023 (**IF=2.9, M22**), (ISSN 2079-9292), (DOI: [10.3390/electronics12194080](https://doi.org/10.3390/electronics12194080))

Категорија M33:

1. **Jocović, V.**, Đukić, J., Mišić, M.: "First Experiences with Moodle and Coderunner Platforms in Programming Course", -*Proceedings of the Tenth International Conference on e-Learning*, Belgrade Metropolitan University, Belgrade, 2019., pp. 81-86.
2. Đukić, J., **Jocović, V.**, Mišić, M., Tomašević, M.: "Automated grading system for picoComputer assembly codes integrated within E-Learning platform", -*PROCEEDINGS of IX International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcEtran 2022*, ETRAN Society, Belgrade, Academic Mind, Belgrade, Novi Pazar, Serbia, 2022. pp. 626-630.

Категорија M63:

1. Вукасовић, М., Мићовић, М., Раденковић, У., **Јоцовић, В.**, Драшковић, Д.: "Примена виртуелне стварности у оквиру медицинских третмана", -*23. конференција "ЈУ ИНФО 2017"*, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2017., pp. 1-6.
2. Драшковић, Д., Мићовић, М., Раденковић, У., Вукасовић, М., Делчев, С., **Јоцовић, В.**, Шуштран, Ж., Николић, Б.: "Реализација веб система за управљање и надгледање софтверских пројеката", -*23. конференција "ЈУ ИНФО 2017"*, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2017., pp. 99-104.
3. Мићовић, М., Раденковић, У., **Јоцовић, В.**, Шекуларац, Т., Хацић, Ф., Шуштран, Ж., Драшковић, Д.: "Имплементациони детаљи алгорита шифровања CRYPTO1", -*24. конференција "ЈУ ИНФО 2018"*, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2018., pp. 26-30.

4. Драшковић, Д., Цинцовић, Ј., Мијаиловић, Д., Вукасовић, М., **Јоцовић, В.**, Милаковић, А.: "Предвиђање успеха студената студијског програма Софтверско инжењерство техникама машинског учења", -Зборник радова конференције "ЈУ ИНФО 2020", Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2020., pp. 219-224.
5. Мишић, М., **Јоцовић, В.**, Ђукић, Ј., Проданов, М., Србљановић, А., Обрадовић, М., Протић, Ј.: "Програмски језик Python у настави програмирања на Електротехничком факултету Универзитета у Београду - изазови и решења", -27. скуп ТРЕНДОВИ РАЗВОЈА: "On-line настава на универзитетима", Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, Србија, 2021., pp. 245-248.
6. Мишић, М., **Јоцовић, В.**, Ђукић, Ј., Проданов, М., Србљановић, А., Обрадовић, М.: "Спровођење практичне наставе програмирања на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у online окружењу", -27. скуп ТРЕНДОВИ РАЗВОЈА: "On-line настава на универзитетима", Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, Србија, 2021., pp. 379-382.
7. Милаковић, А., **Јоцовић, В.**, Драшковић, Д.: "Унапређење практичне наставе на предмету Интелигентни системи на Електротехничком факултету Универзитета у Београду", -Зборник радова конференције "ЈУ ИНФО 2021", Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2021., pp. 197-202.
8. Ђукић, Ј., **Јоцовић, В.**, Мишић, М., Протић, Ј., Србљановић, А., Обрадовић, М.: "Аутоматизација оцењивања Python програмских задатака на систему Moodle са додатком CodeRunner", -Зборник радова конференције "ЈУ ИНФО 2021", Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2021., pp. 10-15.
9. Марковић, С., **Јоцовић, В.**, Мишић, М.: "Препознавање лица у присуству медицинских заштитних маски", -Зборник радова конференције "ЈУ ИНФО 2021", Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2021., pp. 169-174.
10. Раденковић, У., **Јоцовић, В.**, Мићовић, М., Милаковић, А., Драшковић, Д.: "Скуп података софтверских клонова типа четири за обраду матрица", -Зборник радова 28. ИКТ конференције "YU info 2022", Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, 2022., pp. 36-40.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Тема докторске дисертације Кандидата представља аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције. На самом почетку, Кандидат је приказао мотивацију за коришћење папирних тестова и њихов значај и поред све веће доступности рачунарских ресурса, интернета и платформи за електронско учење и оцењивање, улогу вештачке интелигенције, машинског учења и рачунарске визије у процесу аутоматизованог оцењивања и развојни процес аутоматизације оцењивања кандидата на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у коме је Кандидат учествовао и који је омогућио Кандидату да се бави овом темом. Затим је Кандидат извршио анализу најчешће коришћених питања на тестовима, сагледао њихове предности и недостатке и дао предлог нове класификације питања. Након тога је Кандидат спровео исцрпну анализу постојећих софтверских решења који су способни да врше аутоматизовано оцењивање папирних тестова, при чему је извршио презентовање изабраних система према унапред дефинисаном шаблону за концизнији приказ. Кандидат је дао предлог и извршио имплементацију софтверског система способног да врши аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције. Затим је Кандидат извршио евалуацију имплементираних система користећи велики скуп папирних тестова у дигиталном облику. Након тога је Кандидат спровео детаљну анализу добијених резултата, извршио њихово поређење са резултатима осталих релевантних истраживања и навео проблеме који се могу

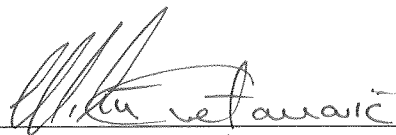
десити у процесу аутоматизованог оцењивања. На самом крају Кандидат је навео лимите свог истраживања, могућности за надоградњу и правце у којима истраживање у овој области може да се настави.

Разматрајући претходно приказане резултате досадашњег рада Кандидата и, узимајући у обзир све положене испите и стручне обавезе током докторских студија, успешну одбрану теме докторске дисертације, до сада објављене научне радове на научно-стручним скуповима и написану докторску дисертацију, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата је изразила мишљење да је Кандидат током израде докторске дисертације остварио резултате и доприносе који могу бити приказани и верификовани од стране међународне научне заједнице.

Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом **Аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције (*Automated assessment of pen and paper tests using artificial intelligence*)** кандидата **Владимира Јоцовића 2018/5023** прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 23.10.2023.

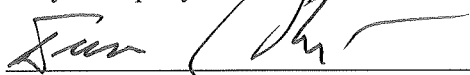
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



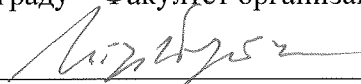
др Милош Цветановић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



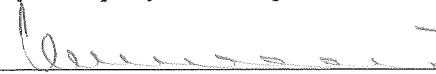
др Јелица Протић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Душан Старчевић, емеритус редовни професор
Универзитет у Београду – Факултет организационих наука



др Игор Тартаља, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Горан Квашчев, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет