

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Владимира Јоцовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације под насловом „Аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције“.

Одлуком 551/27 од 24.04.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Владимира Јоцовића, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције“** (енг. *Automated Assessment of Pen and Paper Tests Using Artificial Intelligence*).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

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 две 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: као студент високошколске установе у Републици Србији, студент високошколске установе 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. 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:

- Belgrade Data Innovation Hub (BELDIH) - EUROPEAN FEDERATION OF DATA DRIVEN INNOVATION HUBS (EUHubs4Data) - HORIZON 2020
- Пројекат за преквалификације у IT сектору (UNDP програм)
- Information Security Services Education in Serbia (ERAZMUS + K2)
- Реорганизација и унапређење наставе из области програмирања на првој години Електротехничког факултета (PeПРОГРАМ) (Министарство просвете, науке и технолошког развоја - развој високог образовања)
- ADVANCING NOVEL TEXTUAL SIMILARITY-BASED SOLUTIONS IN SOFTWARE DEVELOPMENT (AVANTES) (Фонд за науку Републике Србије - AI)
- Развој хардверске, софтверске и телекомуникационе инфраструктуре е-система за контролу промета и пореза (Министарство просвете, науке и технолошког развоја)
- Софтверско инжењерство и нове технологије у рачунарству (СИНТРА) (Министарство просвете, науке и технолошког развоја - развој високог образовања)
- Анализа софтверског система (вештачење)
- Развој и реализација софтвера за прорачун звучне изолације (компанија URSA)

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Владимир Јоцовић је у свом истраживачком раду показао изузетно интересовање за област аутоматизованог оцењивања, са посебним нагласком на коришћење вештачке интелигенције у реализацији оваквих система.

Уписао је докторске академске студије школске 2018/2019. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Модулу за Софтверско инжењерство. Све испите предвиђене овим студијским програмом положио је са просечном оценом 10,00 и остварио 120 ЕСПБ. Списак положених испита приказан је у табели која следи:

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ	Датум полагања испита
(13Д111ИП) Интернет програмирање	10	9	18.09.2019.
(13Д081ФАП) Функционална анализа и примене	10	9	19.09.2019.
(13Д081СФ) Специјалне функције	10	9	20.09.2019.
(19Д111НАМ) Напредни алгоритми машинског учења	10	9	12.02.2021.
(19Д111РМС) Развој микропроцесорског софтвера	10	9	22.02.2021.
(19Д111ФЈА) Формални језици и аутомати	10	9	27.01.2022.
(19Д051НМ) Неуралне мреже	10	9	16.02.2022.
(19Д111ВИЕ) Вештачка интелигенција и експертски системи	10	9	20.02.2022.
(19Д111ППЈ) Принципи програмских језика	10	9	22.02.2022.
(19Д091УНР) Увод у научни рад	10	6	01.07.2022.

Кандидат је испунио све обавезе предвиђене наставним планом и програмом докторских студија: Студијски истраживачки рад I (15 ЕСПБ), Студијски истраживачки рад II (15 ЕСПБ) и Начно стручни рад (3 ЕСПБ).

Досадашњи резултати кандидата приказани су кроз више публикација на домаћим и међународним конференцијама. У наставку следи списак публикација на којима је Владимир Јоцовић коаутор:

Радови на међународним конференцијама (М30):

1. Јоковић В., Ђукић Ј., Мишић М.: *First Experiences with Moodle and Coderunner Platforms in Programming Course*, Proceedings of the Tenth International Conference on e-Learning, pp. 81-86, Belgrade Metropolitan University, Belgrade, Sep, 2019. [M33]
ISBN: 978-86-89755-18-3
2. Ђукић Ј., Јоковић В., Мишић М., Томашевић М.: *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, pp. 626-630, ETRAN Society, Belgrade, Academic Mind, Belgrade, Novi Pazar, Serbia, Jun, 2022. [M33]
ISBN: 978-86-7466-930-3

Радови на домаћим конференцијама (М60):

1. Вукасовић М., Мићовић М., Раденковић У., Јоцовић В., Драшковић Д.: *Примена виртуелне стварности у оквиру медицинских третмана*, 23. конференција "ЈУ ИНФО 2017", стр. 1-6, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2017. [M63]
ISBN: 978-86-85525-20-9

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", стр. 99-104, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2017. [М63]
ISBN: 978-86-85525-20-9
3. Мићовић М., Раденковић У., Јоцовић В., Шекуларац Т., Хацић Ф., Шуштран Ж., Драшковић Д.: *Имплементациони детаљи алгоритма шифровања CRYPTO1*, 24. конференција "ЈУ ИНФО 2018", стр. 26-30, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2018. [М63]
ISBN: 978-86-85525-21-6
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", стр. 219-224, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2020. [М63]
ISBN: 978-86-85525-23-0
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", стр. 245-248, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, Нови Сад, Србија, Фебруар, 2021. [М63]
ISBN: 978-86-6022-313-7
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", стр. 379-382, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, Нови Сад, Србија, Фебруар, 2021. [М63]
ISBN: 978-86-6022-313-7
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", стр. 197-202, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2021. [М63]
ISBN: 978-86-85525-25-4
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", стр. 10-15, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2021. [М63]
ISBN: 978-86-85525-25-4
9. Марковић С., Јоцовић В., Мишић М.: *Препознавање лица у присуству медицинских заштитних маски*, Зборник радова конференције "ЈУ ИНФО 2021", стр. 169-174, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2021. [М63]
ISBN: 978-86-85525-25-4
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", стр. 36-40, Информационо друштво Србије, Копаоник, Србија, Март, 2022. [М63]
ISBN: 978-86-85525-27-8

Дана 11.05.2023. године, кандидат Владимир Јоцовић је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду усмено полагао испит о подобности предложене теме докторске дисертације и кандидата (докторски испит), пред комисијом у саставу:

- проф. др Јелица Протић, доктор електротехничких наука, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
- емеритус проф. др Душан Старчевић, доктор техничких наука, редовни професор, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду
- ван. проф. др Горан Квашчев, доктор електротехничких наука, ванредни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
- проф. др Игор Тартаља, доктор електротехничких наука, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
- ван. проф. др Милош Цветановић, доктор електротехничких наука, ванредни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

На јавној усменој одбрани предложене теме Комисија је кандидата оценила оценом **задовољно**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Разматрајући претходно приказане резултате досадашњег рада кандидата Владимира Јоцовића 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 је утврдила да је кандидат показао да је стекао неопходно искуство за самосталан научно-истраживачки рад. Комисија је мишљења 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 сматра да кандидат Владимир Јоцовић испуњава све неопходне и формалне услове да приступи изради докторске дисертације на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет рада представља аутоматизација процеса оцењивања папирних тестова коришћењем области вештачке интелигенције: машинског учења и компјутерске визије. Компјутерска визија је једна од најзначајнијих области вештачке интелигенције, чији је фокус приближавање способностима људског визуелног система [1-2]. Циљ њене примене је да покуша да опонаша људски визуелни систем; стога специјализовани системи врше процесирање објеката на дигиталним сликама и видео записима [3]. Постоје различите категорије компјутерске визије, али се већина њих везује за детекцију објеката [4] и препознавање шаблона [5]. Са унапређењем доступних алгоритама развијају се специјализовани системи способни да одређене послове обављају на начин веома близак човеку [6]. Такође, имајући у виду растуће брзине хардверских компоненти, развијају се системи базирани на овим алгоритмама који имају могућност да одређене послове обављају боље него људи [7].

Изобилје платформи за електронско учење и оцењивање (нпр. *Moodle* [8-9]), као и доступност рачунарских ресурса нису уклонили папирне тестове из употребе. Разлози су различити и углавном представљају немогућност спровођења испитивања великог броја кандидата у исто време услед недостатка рачунарских ресурса [10]. Стога, у већини институција које обављају испитивање великог броја кандидата тестирање се спроводи коришћењем папирних тестова које кандидати ручно попуњавају обичном или хемијском оловком [11]. Ови тестови се оцењују ручно и, имајући у виду велики број кандидата и да се

результати тестирања често морају добити у најкраће могуће време, ово представља велики терет за људе одговорне за њихово оцењивање [12].

Предмет рада обухвата и истраживање о често коришћеним врстама питања на папирним тестовима и њихову класификацију на основу суштине онога што таква питања испитују, као и обједињавање сродних врста питања и питања која су исте врсте, али имају другачије називе због различите номенклатуре. Такође, предмет рада фокусира се и на постојећим решењима у овој области, а на основу предложене нове класификације питања биће категоризована постојећа решења која пружају могућност аутоматизованог оцењивања тестова [13-31]. Такође, биће извршена и евалуација предложеног система, поредећи га 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. На самом крају биће изведени закључци и наведене и смернице за даље истраживање у овој области.

Циљ рада је реализација система за аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем области вештачке интелигенције: машинског учења и компјутерске визије. Систем је потребно реализовати у програмском језику који пружа 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.

Значај истраживања огледа се у примени реализованог решења у растерећењу особља одговорног за оцењивање питања на папирним тестовима. Тиме је на концизан начин прегледачу предочен минимално потребан и довољан број информација неопходан за додатно оцењивање тестова или разрешавање ситуација на увидима радова. О значају теме говори у прилог и чињеница да је област аутоматизованог оцењивања и даље активна, имајући у виду бројна релевантна истраживања која су и даље актуелна, а о чему сведочи и велики број прикупљених референци из ове области.

Најрелевантнијих референце из отворене литературе у вези са тезом су:

- [1] Voulodimos A, Doulamis N, Doulamis A, Protopapadakis E (2018) Deep learning for computer vision: a brief review. Computational Intelligence and Neuroscience 2018(1):1-13. <https://doi.org/10.1155/2018/7068349>
- [2] Szegedy C, Vanhoucke V, Ioffe S, Shlens J, Wojna Z (2016) Rethinking the inception architecture for computer vision. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 2818-2826. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.308>
- [3] Odeh N, Direkoglu C (2020) Automated shopping system using computer vision. Multimed Tools Appl 79(41):30151-30161. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09481-6>
- [4] Xiao S, Li T, Wang J (2020) Optimization methods of video images processing for mobile object recognition. Multimed Tools Appl 79(25):17245-17255. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-7423-9>
- [5] Santosh KC, Antani SK (2020) Recent trends in image processing and pattern recognition. Multimed Tools Appl 79(47):34697-34699. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-0507-9>
- [6] Bacanin N, Bezdan T, Venkatachalam K, Al-Turjman F (2021) Optimized convolutional neural network by firefly algorithm for magnetic resonance image classification of glioma brain tumor grade. J Real-Time Image Proc 18(1):1085–1098. <https://doi.org/10.1007/s11554-021-01106-x>

- [7] Lopez-Fuentes L, van de Weijer J, González-Hidalgo M, Skinnemoen H, Bagdanov AD (2018) Review on computer vision techniques in emergency situations. *Multimedia Tools and Applications* 77.13:17069-17107. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-5276-7>
- [8] Jocović V, Đukić J, Mišić M (2019) First Experiences with Moodle and Coderunner Platforms in Programming Course. In *Proceedings of the Tenth International Conference on e-Learning*, Belgrade Metropolitan University, Belgrade, pp. 81-86.
- [9] Stanisavljevic Z, Nikolic B, Tartalja I, Milutinovic V (2015) A classification of eLearning tools based on the applied multimedia. *Multimedia Tools and Applications*, 74(1):3843-3880. <https://doi.org/10.1007/s11042-013-1802-4>
- [10] Chamorro MEG (2022) Cognitive validity evidence of computer- and paper-based writing tests and differences in the impact on EFL test-takers in classroom assessment. *Assessing Writing* 51(1):1-21. <https://doi.org/10.1016/j.asw.2021.100594>
- [11] Đukić J, Jocović V, Mišić M, Tomašević M (2022) Automated grading system for picoComputer assembly codes integrated within E-Learning platform. *Proceedings, IX International Conference IcEtran*, Novi Pazar, Serbia, pp. 6-9. ISBN 978-86-7466-930-3
- [12] Nardi A, Ranieri M (2019) Comparing paper-based and electronic multiple-choice examinations with personal devices: impact on students' performance, self-efficacy and satisfaction. *Br J Educ Technol* 50(3):1495-1506. <https://doi.org/10.1111/bjet.12644>
- [13] Bosnjakovic A, Protic J, Tartalja I (2010) Development Of A Software System For Automated Test Assembly And Scoring, *ICERI2010 Proceedings*, pp. 6012-6016. ISBN: 978-84-614-2439-9
- [14] Alomran M, Chai D (2018) Automated scoring system for multiple choice test with quick feedback. *International Journal of Information and Education Technology* 8(8):538-545. <http://dx.doi.org/10.18178/ijiet.2018.8.8.1096>
- [15] Catalan JA (2017) A framework for automated multiple-choice exam scoring with digital image and assorted processing using readily available software. *DLSU Research Congress 2017*, De La Salle University, Manila, Philippines, pp. 1-5.
- [16] Patole S, Pawar A, Patel A, Panchal A, Joshi R (2016) Automatic system for grading multiple choice questions and feedback analysis. *IEEE International Journal of Technical Research and Applications* 12(39):16-19. ISSN: 2320-8163
- [17] Arias Fisteus J, Pardo A, Fernández García N (2013) Grading Multiple Choice Exams with Low-Cost and Portable Computer-Vision Techniques. *Journal of Science Education and Technology* 22(4):560-571. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9414-8>
- [18] Lu M, Zhou W, Ji R (2021) Automatic Scoring System for Handwritten Examination Papers Based on YOLO Algorithm. In *Journal of Physics: Conference Series* 2026(1):12-30. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2026/1/012030>
- [19] Shaikh E, Mohiuddin I, Manzoor A, Latif G, Mohammad N (2019) Automated grading for handwritten answer sheets using convolutional neural networks. In *2019 2nd International conference on new trends in computing sciences (ICTCS)*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICTCS.2019.8923092>
- [20] Abdul Salam M, El-Fatah MA, Hassan NF (2022) Automatic grading for Arabic short answer questions using optimized deep learning model. *Plos one* 17(8):269-272. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272269>
- [21] Tulu CN, Ozkaya O, Orhan U (2021) Automatic short answer grading with SemSpace sense vectors and MaLSTM. *IEEE Access* 9(1):19270-19280. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3054346>

- [22] Li Z, Tomar Y, Passonneau RJ (2021) A semantic feature-wise transformation relation network for automatic short answer grading. In Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, pp. 6030-6040. <http://dx.doi.org/10.18653/v1/2021.emnlp-main.487>
- [23] Lin Y, Zheng L, Chen F, Sun S, Lin Z, Chen P (2020) Design and Implementation of Intelligent Scoring System for Handwritten Short Answer Based on Deep Learning. In 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Information Systems (ICAIS) pp. 184-189. <http://dx.doi.org/10.1109/ICAIS49377.2020.9194943>
- [24] Süzen N, Gorban AN, Levesley J, Mirkes EM (2020). Automatic short answer grading and feedback using text mining methods. *Procedia Computer Science* 169(1):726-743. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.171>
- [25] Nguyen HT, Nguyen CT, Oka H, Ishioka T, Nakagawa M (2022) Fully automatic scoring of handwritten descriptive answers in Japanese language tests. In IEICE technical report PRMU2021-32, pp. 45-50. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.03215>
- [26] Rowtula V, Oota SR, Jawahar CV (2019) Towards automated evaluation of handwritten assessments. In 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), pp. 426-433. <http://dx.doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00075>
- [27] Dasgupta T, Naskar A, Dey L, Saha R (2018) Augmenting textual qualitative features in deep convolution recurrent neural network for automatic essay scoring. In Proceedings of the 5th Workshop on Natural Language Processing Techniques for Educational Applications, pp. 93-102. <http://dx.doi.org/10.18653/v1/W18-3713>
- [28] Shehab A, Faroun M, Rashad M (2018) An automatic Arabic essay grading system based on text similarity Algorithms. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 9(3):263-268. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090337>
- [29] Dong F, Zhang Y (2016) Automatic features for essay scoring—an empirical study. In Proceedings of the 2016 conference on empirical methods in natural language processing, pp. 1072-1077. <http://dx.doi.org/10.18653/v1/D16-1115>
- [30] Taghipour K, Ng HT (2016) A neural approach to automated essay scoring. In Proceedings of the 2016 conference on empirical methods in natural language processing, pp. 1882-1891. <http://dx.doi.org/10.18653/v1/D16-1193>
- [31] Alikaniotis D, Yannakoudakis H, Rei M (2016) Automatic text scoring using neural networks. In Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pp. 715-725. <https://doi.org/10.18653/v1/P16-1068>

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе овог истраживања заснивају се на вишегодишњем искуству у области аутоматизованог оцењивања папирних тестова.

Основне хипотезе су:

- Аутоматизација процеса оцењивања папирних тестова може допринети бољим перформансама, квалитету и резултатима самог процеса.
- Могуће је извршити класификацију питања која се могу појавити на папирним тестовима.
- За сваку од идентификованих класа питања могу се утврдити карактеристике које доприносе бољој реализацији процеса аутоматизованог оцењивања папирних тестова.

- За сваку од идентификованих класа питања могуће је реализовати алгоритам користећи технике вештачке интелигенције који ће постићи боље резултате у оцењивању папирних тестова него човек.
- Могуће је реализовати софтверски систем за аутоматизовано оцењивање папирног теста различите структуре и сложености са задовољавајућим перформансама.

4. Научне методе истраживања

На самом почетку биће извршена детаљна анализа врсте питања које се користе на папирним тестовима. Многе институције које спроводе тестирања кандидата користе суштински исти тип питања, али уводе различиту номенклатуру за њихово именовање. Стога, потребно је прикупити врсте питања која се користе у тестовима, анализирати суштину онога што таква питања испитују и извршити класификацију уз увођење сопствене номенклатуре.

Затим ће бити извршена анализа трансформација слике које је неопходно применити над дигиталним обликом теста ради омогућавања детекције облика од интереса. Поред тога, биће извршена анализа метода детекције регуларних облика који се могу користити за представљање питања и одговора, али и наведени предуслови неопходни за њихову детекцију, као и ограничења која се јављају приликом процеса детекције. Додатно, биће анализирана детекција попуњености одговора у питањима који захтевају зацрњивање одговора уз коришћење фиксних или адаптивних граница попуњености одговора које се могу формирати за сваки тест појединачно.

Поред препознавања контура питања и његових одговора, у оквиру издвојеног региона од интереса питања потребно је препознати текст одговора написан руком и извршити његово тумачење користећи технике обраде природних језика. Систем ће искористити могућности које пружају новији концепти машинског учења као што су трансформери (енг. *transformers*).

Поред тога, биће анализирано утврђивање попуњености тестова графитном односно хемијском оловком. Такође, биће анализирана детекција невалидно попуњених тестова и како такав начин попуњавања утиче на сам процес детекције, уз класификацију таквих тестова у групу тестова неопходних за ручну проверу.

Додатно, биће установљене метрике на основу којих ће се вршити детаљна евалуација квалитета постојећих система, као и самог реализованог система. Такве метрике могу бити прецизност приликом детекције питања и одговора, као и брзина која је неопходна за обраду једног питања или једне странице теста. Додатно, одређени системи могу уводити ограничења која могу утицати на формирање тестова, као што је неопходност раздвајања питања и одговора на одвојене обрасце.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да доприноси овог рада буду остварени у следећим правцима:

- 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 користећи технике вештачке интелигенције.

- Опсежна евалуација имплементираних система над великим скупом папирних тестова у дигиталном облику.
- Поређење добијених резултата са резултатима релевантних истраживања.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће се састојати од следећих корака:

- Најпре ће бити наведен значај коришћења папирних тестова у данашње време у сврхе испитивања кандидата и поред свеprisутности платформи за електронско учење и испитивање и доступности персоналних рачунара и њиховог умрежавања. Затим ће бити извршена анализа најчешће коришћених питања на тестовима, сагледане њихове предности и недостаци и извршена њихова класификација.
- Након тога ће бити спроведена исцрпна анализа постојећих решења од интереса у области аутоматизованог оцењивања тестова, која за сваки систем подразумева: навођење сврхе система, структуре система, технологије у којима је систем реализован, алгоритме које систем примењује, области вештачке интелигенције које систем користи, уочавање предности и недостатака система, категоризација система према способности да детектује и оцењује претходно класификоване типове питања, као и ограничења под којима систем ради и његова коначна евалуација.
- Главни део истраживања ће представљати имплементација система за аутоматизовано оцењивање папирних тестова реализацијом сопствених алгоритама који се наслањају на области вештачке интелигенције: машинско учење и компјутерска визија. 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.
- Идејно решење ће бити имплементирано у одговарајућем програмском језику који пружа подршку за машинско учење и компјутерску визију.
- На самом крају ће бити извршена евалуација реализованог система коришћењем папирних тестова пружених систему у дигиталном облику, који су раније попуњени на папиру уз коришћење обичне или хемијске оловке од стране великог броја кандидата. На основу добијених резултата биће изведени закључци о успешности истраживања и могућностима даљег унапређења реализованог система.

7. Закључак и предлог

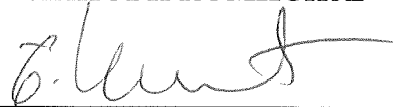
На основу приложене документације и стеченог целокупног утиска о теми докторске дисертације и досадашњег научног рада кандидата Владимира Јоцовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија је дошла до следећих закључака:

1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске потребне услове прописане Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације.
2. Предложена тема „Аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције“ јесте научно заснована, а резултати који ће проистећи изработом ове докторске дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос међународној научној заједници. Тема припада ужој научној области Софтверско инжењерство.

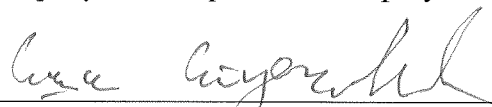
На основу свега претходно изложеног, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Владимиру Јоцовићу одобри израду докторске тезе под насловом „Аутоматизовано оцењивање папирних тестова коришћењем техника вештачке интелигенције“ (енг. *Automated Assessment of Pen and Paper Tests Using Artificial Intelligence*), а под коменторством др Бошка Николића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду, и др Саше Стојановића, ванредног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду 11.05.2023. године.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



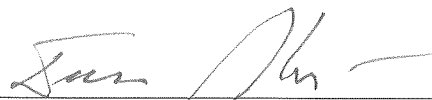
др Бошко Николић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Саша Стојановић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



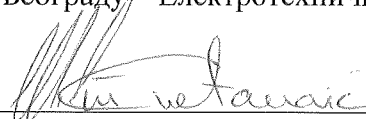
др Душан Старчевић, професор емеритус
Универзитет у Београду – Факултет организационих наука



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



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



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

