

Softverska rešenja za automatizovano ocenjivanje radova u oblasti računarstva

By Milan Tair

3

Univerzitet Singidunum

Departman za poslediplomske studije

Doktorska disertacija

Softverska rešenja za automatizovano ocenjivanje
radova u oblasti računarstva

Student

Milan Tair
2015466037

Mentor

Miodrag Živković

Beograd, 2022.

Singidunum University
Department for Postgraduate Studies

Doctoral thesis

Software Solutions for ²¹⁴Automated Assessment
in the Field of Computer Science

Student

Milan Tair
2015466037

Mentor

Miodrag Živković

Belgrade, 2022

Université Singidunum
Département des études supérieures

Thèse de doctorat

Solutions logicielles pour l'évaluation automatisée
dans le domaine des sciences informatiques

Étudiant

Milan Tair
2015466037

Mentor

Miodrag Živković

Belgrade, 2022

Mentor i članovi komisije

Mentor: Prof. dr Miodrag Živković, Univerzitet Singidunum

Članovi komisije: Prof. dr Dragan Cvetković, Univerzitet Singidunum

Prof. dr Boško Nikolić, Univerzitet u Beogradu

Datum odbrane: 2022.

*Mojim roditeljima i sestri,
u zahvalnost za beskonačnu
ljubav i podršku koju su
mi pružili u životu.*

Sažetak

Društvo se zasniva na nastavku kulture, ali se gradi njenim usavršavanjem i nadogradnjom. Sredstvo usavršavanja društva je obrazovanje. Jedan od sastavnih delova obrazovanja, ali i važan izazov kojim se ono bavi je provera usvojenih znanja i stečenih radnih veština. Na akademskim studijama, u oblastima prirodnih i tehničko-tehnoloških nauka, a posebno u računarstvu, provera znanja je u velikoj meri okrenuta utvrđivanju i vrednovanju stepena stečenih radnih veština studenta. U obrazovanje su uvedeni razni postupci provere znanja. Cilj svakog poboljšanja ovih postupaka je postizanje tačnog i nepristrasnog ocenjivanja. U literaturi su opisani načini koji su se pre koristili, kao i oni koji su još uvek u upotrebi. Među njima, najčešći su oni koji se oslanjaju na zadavanje testova i oni koji se oslanjaju na pregledanje rešenja radnih zadataka. Prednost testova je pri utvrđivanju stepena usvojenih znanja, dok je prednost pregledanja rešenja radnih zadataka pri utvrđivanju stepena stečenih radnih veština. Za oba pristupa postoje ručni i automatizovani postupci za ocenjivanje, koji se oslanjaju na to da su testovi i zadaci postavljeni tako da je moguće lako sprovesti automatizovani postupak ocenjivanja bez učešća ispitivača.

Iskustva iz struke su pokazala da je teško obezbediti potreban nivo nepristrasnosti i tačnosti prilikom ručnog ocenjivanja studenata primenom bilo koja od ova dva pristupa. Zbog toga je upotreba automatizovanih postupaka preporučljiva. Međutim, kada je neophodno sprovesti i utvrđivanje i stepena usvojenih znanja i stepena stečenih radnih veština, postoje poteškoće u primeni ova dva pristupa, jer nisu oba pristupa pogodna za ove dve namene. Pregledom literature, istraženi su najčešći izazovi koji nastaju primenom ova dva pristupa.

⁵ Istraživanje, predstavljeno u ovom radu, okrenuto je pronalaženju načina da se obezbedi nepristrasno i tačno ocenjivanje stepena stečenih radnih veština studenata na predmetu na kojem je zastupljeno pisanje programskog koda. Primijenjena su dva sopstvena rešenja, koja su korišćena za ocenjivanje po dve generacije studenata, tokom četiri godine, koliko obuhvata istraživanje. Jedno rešenje je zasnovano na upotrebi elektronskog testa kao postupka za proveru znanja studenata, dok je drugo zasnovano na upotrebi programa za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka.

Istraživanjem podataka, prikupljenih primenom ova dva pristupa ocenjivanju, pokušano je davanje odgovora na nekoliko istraživačkih pitanja. Primijenjeni su vrednosni i svojstveni naučni postupci raščlanjavanja podataka i donošenja zaključaka, kao i metod studije slučaja koje obuhvataju razradu dva predstavljena sopstvena rešenja, korišćena za ocenjivanje tokom perioda koje obuhvata istraživanje.

Doneti su odgovori na više pitanja o mogućnosti razvoja sopstvenog alata za automatizovanje pregledanje i ocenjivanje rešenja radnih zadataka studenata koje može u potpunosti zameniti nastavnika u ulozi ispitivača; o proveru usaglašenosti ishoda ocenjivanja studenata primenom dva navedena pristupa automatizovanom ocenjivanju; o upotrebljivosti elektronskog testa za utvrđivanje stepena stečenih radnih veština; kao i o mogućnosti obezbeđivanja nepristrasnog ocenjivanja studenata bez uticaja ispitivača. Prikazana je rasprava o ishodima obrade podataka i o zaključcima.

Ovo istraživanje je pokazalo na koji način je moguće sprovesti utvrđivanje i ocenjivanje stepena stečenih radnih veština studenata na osnovnim akademskim studijama na predmetu iz oblasti računarstva, na kojem se daje velika važnost pisanju programskog koda. Jasno su prikazana sopstvena rešenja kojim je postignut ovaj cilj, te istraživanje ima, pored naučnog, potvrđen i doprinos u službi struke.

Ključne reči	Obrazovanje, Provera znanja, Programiranje, Automatizacija
Naučno polje	Tehničko-tehnološke nauke
Uža naučna oblast	Elektrotehničko i računarsko inženjerstvo

Odricanje odgovornosti

U ovom radu su predstavljeni ishodi istraživanja dobijeni obradom podataka nastalih tokom sprovođenja nastavne na studijskim programima na osnovnim akademskim studijama na Univerzitetu Singidunum. Sva izneta mišljenja i stavovi koji su u radu predstavljeni su autorovi i ne moraju da predstavljaju zvanične stavove Univerziteta Singidunum.

Abstract

The continuation of culture defines society. However, society is built by improving and advancing culture and knowledge. Education is the means of improving society. An integral and important part of education is the assessment of learned knowledge and gained practical skills. Of all natural and technical sciences, computer science often uses assessments to determine and evaluate the level of the students' practical skills. Education utilizes various assessment methods. Efforts to improve these methods aim to achieve accurate and objective assessment. The literature reports deprecated methods, as well as those still in use. Among them, the most common are closed question type tests and practical work reviews and assessments. Tests are useful for determining the level of knowledge. On the other hand, reviewing practical works is useful for determining the level of practical skills. Both methods can be performed manually or automatically. Automated methods require setups such that it is possible to perform them without the participation of examiners.

Based on professional experience, manual student assessment is difficult to do with the required level of neutrality and accuracy, regardless of the method. As a result, it is advisable to use automated assessments. However, applying these methods for determining both the level of learned knowledge and the level of gained practical skills is challenging, because these methods are incompatible for both use cases. In the literature review, this paper explores the most common problems.

The paper focuses on finding a way to provide an accurate and objective method for the assessment of the practical skills of students in a subject that involves programming. Over the four years covered by the study, two generations of students were tested with these two own solutions. One method uses an electronic multichoice test to assess student's knowledge, while the other analyses the correctness of the student's practical work.

This paper gives answers to several research questions. These answers are found by examining the data gathered using these two methods to assess. The research used quantitative and qualitative methods to analyse collected data. Also, the paper covers case studies of assessment methods used to perform these assessments and collect data from the period covered by this research. Case studies elaborate on the presented assessment tools.

The paper explores the possibility of developing a tool that can replace the teacher in the role of examiner by automating the review and evaluation of practical works; comparing the similarity of assessment results from both assessment methods; on the usefulness of using tests to determine the level of practical skills; and on the possibility of providing an objective assessment, without the influence of examiners. The paper has discussions of analysed data and research conclusions.

This study proposes a way to objectively and accurately assess the level of practical skills in subjects in the field of computer science that involve programming, at the bachelor academic level. Solutions for achieving this goal are presented. Aside from the scientific, this research also has a practical contribution.

Keywords	Education, Assessment, Programming, Automation
Scientific field	Technical and technological sciences
Narrow scientific field	Electrical and computer engineering

Disclaimer

This paper describes research results obtained by processing data collected during the author's work as a teacher at Singidunum University's bachelor study programme courses. All views and opinions voiced in this paper are those of the author and do not necessarily represent the views of Singidunum University.

Résumé

Le développement de la culture définit une société qui se construit en améliorant et en faisant progresser la culture même et les connaissances. L'éducation est le moyen d'améliorer la société. L'évaluation des connaissances et des compétences pratiques acquises fait partie intégrante et importante de l'éducation. Dans les études universitaires, dans les domaines des sciences naturelles et technico-technologiques, notamment en informatique, les tests de connaissances sont largement axés sur la détermination et l'évaluation du niveau de compétences pratiques acquises des étudiants. Diverses procédures d'évaluation de connaissances ont été introduites dans l'éducation. Le but de toute amélioration de ces procédures est d'obtenir une évaluation précise, objective et impartiale. La littérature décrit des méthodes qui ont été utilisées auparavant, ainsi que celles qui sont encore utilisées. Parmi elles, les plus courantes sont celles qui comptent sur les tests et celles qui comptent sur le contrôle des réponses des devoirs pratiques. L'avantage des tests est de déterminer le niveau de connaissances acquises, tandis que l'avantage du contrôle des devoirs pratiques est de déterminer le niveau de compétences pratiques acquises. Pour les deux approches, il existe des procédures d'évaluation manuelles et automatisées qui reposent sur des tests et des devoirs pratiques afin qu'il soit possible de mener facilement une procédure d'évaluation automatisée sans la participation d'examineurs.

L'expérience professionnelle a montré qu'il est difficile d'assurer le niveau requis d'impartialité et de précision dans l'évaluation manuelle des étudiants en utilisant l'une ou l'autre de ces deux approches. Par conséquent, l'utilisation de procédures automatisées est recommandée. Cependant, lorsqu'il faut déterminer à la fois le niveau des connaissances et les compétences pratiques acquises, il y a des difficultés à appliquer ces deux approches qui ne sont pas adaptées dans ces deux cas. Dans la revue de la littérature, cette thèse explore les défis les plus courants posés par l'application de ces deux approches.

La recherche présentée dans cette étude vise à trouver un moyen d'accomplir une évaluation impartiale et précise du niveau de compétences pratiques des étudiants dans la matière où l'écriture du code de programme figure. Deux solutions propres ont été appliquées et utilisées pour évaluer deux générations d'étudiants au cours de la recherche des quatre années. Une méthode repose sur l'utilisation d'un test électronique comme procédure de vérification des connaissances des étudiants, tandis que l'autre repose sur l'utilisation d'un programme de correction automatisée des devoirs pratiques des étudiants.

En cherchant les données recueillies à l'aide de ces deux méthodes d'évaluation, on a tenté de donner des réponses à plusieurs questions de recherche. Pour analyser des données, les méthodes quantitatives et qualitatives ont été appliquées, ainsi que la méthodologie de l'étude de cas, qui comprend l'élaboration de deux solutions propres présentées et utilisées pour l'évaluation au cours de la période couverte par la recherche.

Réponses à plusieurs questions sont trouvées : la possibilité de développer un propre outil d'automatisation du contrôle et de l'évaluation des réponses des étudiants qui pourrait remplacer complètement l'enseignant dans le rôle d'examineur ; la vérification de la conformité des résultats de l'évaluation des étudiants en appliquant les deux approches mentionnées à l'évaluation automatisée ; l'utilisabilité du test électronique pour déterminer le niveau de compétences pratiques acquises; ainsi que la possibilité d'assurer une évaluation impartiale des étudiants sans l'influence des examinateurs. La thèse contient une discussion des résultats du traitement de données et des conclusions de la recherche effectuée.

Cette étude a montré la possibilité de déterminer et d'évaluer le niveau de compétences pratiques acquises des étudiants au premier cycle universitaire dans le domaine de l'informatique, où une grande importance est accordée à l'écriture du code de programme. Des solutions pour atteindre cet objectif sont clairement présentées. Outre scientifique, cette recherche confirme également une contribution pratique.

Mots-clés	Éducation, évaluation, programmation, automatisation
Domaine scientifique	Sciences techniques et technologiques
Domaine scientifique étroit	Génie électrique et informatique

Clause de non-responsabilité

Cette thèse présente les résultats de la recherche obtenus en traitant les données recueillies au cours du travail de l'auteur en tant qu'enseignant aux programmes universitaires de premier cycle à l'Université Singidunum. Tous les points de vue et opinions exprimés dans cette étude sont ceux de l'auteur et ne représentent pas nécessairement les points de vue de l'Université Singidunum.

Όλοι οι άνθρωποι από τη φύση τους επιθυμούν την γνώση.

~ Αριστοτέλης

Ljudi po prirodi teže znanju.

~ Aristotel

Sadržaj

1	Uvod.....	1
1.1	Opšta razmatranja	1
1.2	Iskustva i merodavnosti autora	2
1.3	Sadržina istraživanja i pretpostavke.....	3
1.3.1	Pretpostavke	4
1.3.2	Hipoteze	4
1.3.3	Istraživačka pitanja.....	5
1.4	Cilj istraživanja	6
1.5	Prikupljanje podataka	6
1.5.1	Izvori podataka	7
1.5.2	Sređivanje podataka	8
1.5.3	Priprema podataka	8
1.6	Pregled literature.....	9
1.7	Naučni postupci primenjeni u istraživanju.....	11
1.7.1	Studija slučaja	12
1.7.2	Brojčana obrada uzoraka	12
1.7.3	Vrednosno raščlanjavanje.....	12
1.7.4	Svojstveno raščlanjavanje	13
1.8	Sastav rada	14
2	Obrazovanje u oblasti računarstva	15
2.1	Istorija obrazovanja u oblasti računarstva.....	15
2.1.1	Rano razdoblje - pre Interneta	16
2.1.2	Savremeno razdoblje - posle Interneta	17
2.2	Načini obrazovanja u oblasti računarstva	18
2.2.1	Samostalno učenje.....	18
2.2.2	Vođeno učenje - mentorstvo.....	19
2.2.3	Učenje u timu - saradnja.....	19
3	Nastavna sredstva.....	22
3.1	Nastavna sredstva i pomagala prvog reda.....	22
3.2	Fizička i virtualna nastavna sredstva	23
3.3	Nastavna sredstva za vođeno učenje.....	23
3.4	Nastavna sredstva za otvoreno učenje	24
3.5	Izvori uređenog znanja – dokumentacija	25
3.6	Materijali proizvedeni u okviru Internet zajednice	26
3.7	Video materijali	27
4	Ocenjivanje i provera znanja	29
4.1	Provera znanja u oblasti računarstva.....	30
4.1.1	Rešenje sastavljenog testa	31
4.1.2	Rešenje radnog zadatka	31
4.1.3	Izrada rešenja složenog zadatka	32
4.2	Obezbeđivanje nepristrasnog ocenjivanja.....	33
4.3	Ručno ocenjivanje rešenja	33
4.4	Automatizovano ocenjivanje rešenja	34
4.5	Vrednovanje delimičnih rešenja	35
4.6	Razmatranje uticaja automatizacije	36

5 Softverska rešenja za proveru znanja	38
5.1 Rešenja zasnovana na veb tehnologijama	38
5.1.1 Veb tehnologije	38
5.1.2 Rešenja zasnovana na veb tehnologijama	40
5.2 Programi za automatizovano elektronsko testiranje	41
5.3 Programi za automatizovano pregledanje radova	44
5.4 Načini otpremanja rešenja radnih zadataka	47
6 Studije slučaja sopstvenih rešenja	49
6.1 Rešenje za automatsko pregledanje elektronskog testa	49
6.1.1 Razvoj sopstvenog rešenja	50
6.1.2 Prikaz rada programa za elektronsko testiranje	57
6.1.3 Ispunjenje potreba	72
6.1.4 Prednosti i mane	72
6.2 Rešenje za automatizovano pregledanje rešenja zadatka	75
6.2.1 Razvoj programa za automatizovano pregledanje radnih zadataka	75
6.2.2 Sastavljanje postavke radnog zadatka	76
6.2.3 Rad programa za automatizovano pregledanje rešenja zadatka	85
6.2.4 Ispunjenje potreba	87
6.2.5 Prednosti i mane	88
7 Obrada prikupljenih podataka	91
7.1 Dopremanje podataka	91
7.1.1 Ocene iz rešenja za elektronsko testiranje	92
7.1.2 Ocene iz rešenja za automatizovano pregledanje radnih zadataka	92
7.2 Sređivanje podataka	93
7.3 Raščlanjavanje ishoda ocenjivanja	93
7.3.1 Vrednosno raščlanjavanje	94
7.3.2 Svojstveno raščlanjavanje	104
8 Rasprava o ishodima istraživanja	106
9 Zaključak	110
9.1 Sažetak doprinosa	111
9.2 Ograničenja istraživanja	112
9.3 Dalja istraživanja	114
Odgovori na istraživačka pitanja	115
Bibliografske reference	116
Tabele	I
Popis slika	X
Prilozi	XI
O autoru	XIII
Izjava o autorstvu doktorske disertacije	XV
Izjava o korišćenju	XVI
Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije rada	XVII

1 Uvod

1.1 Opšta razmatranja

Jedan od nosećih stubova za nastavak kulture i napredak savremenog društva je obrazovanje. Na osnovnim akademskim studijama u Republici Srbiji, tok nastave je deklarativno usklađen sa Bolonjskom deklaracijom [1, 2]. Bolonjska deklaracija, između ostalog, predviđa neprekidno učenje i usavršavanje znanja i radnih veština [3, 4]. Sastavni deo obrazovanja je i provera znanja, bilo da je posredna ili neposredna [5], kojom se utvrđuje do kog stepena je student usvojio znanja i stekao radne veštine koje su tokom nastave obrađivane [6]. Uspešno usvajanje znanja i sticanje radnih veština koje može da upotrebi, važne su za studenta, ali i za ustanovu, koja izdavanjem svedočanstva ili diplome treba da potvrdi da student poseduje potrebna znanja i da je stekao neophodne radne veštine. Iz tog razloga je važno da postupak provere znanja i stečenih radnih veština studenata bude nepristrasan i jasan. Ovo se odnosi, kako na proveru stepena usvojenih znanja, tako i na proveru stepena stečenih radnih veština, na stručnim predmetima. Važno je da utvrđivanje stepena do kojeg su usvojena znanja i do kojeg su stečene radne veštine bude i dejstveno, kako ne bi opterećivale ni institucije, ni nastavnike ni studente. Potrebno je studentima obezbediti što brži nastavak studiranja i osigurati neprekidno učenje i usavršavanje, što je u skladu sa preporukama Bolonjske deklaracije.

⁵ U ovom radu je pokazano da je tradicionalnim postupcima provere znanja, koje u celosti sprovodi nastavnik, od sastavljanja radnog zadatka, pa sve do pregledanja rešenja zadataka koje sprovodi ručno, teško ostvariti proveru znanja studenta koja je ujedno brza i dejstvena, ali i tačna, nepristrasna i jasna. U takvom postupku provere znanja, ograničavajući činilac je nastavnik. Čak i kada se uklone pitanje pristrasnosti osobe koja sprovodi ocenjivanje radova, za to ocenjivanje je neophodno vreme da bi se pristupilo postupnom i tačnom pregledanju rešenja radnih zadataka kojima se proveravaju usvojena znanja i stečene radne veštine. Osim neophodnog vremena, za koje može da se smatra da je dugo, zavisno od obima zadatka i delova jedinica gradiva za koje se vrši provera, tokom postupka, moguće su i nenamerne greške. Od svih činilaca, najznačajniji uticaj imaju vreme potrebno za sprovođenje ocenjivanja radova, kao i mogućnost nastanka nenamernih grešaka. Činioce kao što su nepristrasnost u ocenjivanju i pravljenje namernih grešaka, koje mogu biti na štetu ili u korist studenta, tj. pristrasno ocenjivanje, je neophodno u potpunosti ukloniti iz provere znanja.

Lične sposobnosti da se nastavnik postavi u ulogu ispitivača su važne. Međutim, kako svi činioци koji su navedeni proizilaze kao ograničenja nastavnika u ulozi ispitivača, donosi se zaključak da je neophodno iz postupka provere znanja studenata poništiti ljudski činilac, tj. nastavnika. Ovo je moguće urediti tako što bi se postupak u potpunosti automatizovao.

Iako je automatizacija postupka ocenjivanja složen postupak, kako sa tehničkog, tako i sa pedagoškog stanovišta, automatizacija postupka ocenjivanja je u nekim oblastima jednostavnija, a u nekima složenija za uspešno sprovođenje [7]. U ovom radu, predstavljen je postupak provere znanja stečenih radnih veština, kao i razvoj softverskog rešenja koje omogućava sprovođenje ovog postupka na brz i nepristrasan način. Osim toga, u redu je prikazan tradicionalni postupak provere usvojenih znanja korišćenjem testa sa ponuđenim jednim ili više odgovora, koji se, u cilju uklanjanja ranije navedenih nepoželjnih činilaca u ocenjivanju, sprovodi u potpunosti automatizovano. Upoređivanje ishoda primene oba postupka za ocenjivanje istog gradiva je izvršena i predstavljene su prednosti i mane, kao i ishodi brožanih i svojstvenih obrada ishoda primene ova dva postupka.

1.2 Iskustva i merodavnosti autora

Autor se u pisanju ovog rada oslanja na višegodišnje iskustvo, kako u oblasti razvoja softvera i informacionih tehnologija, tako i u oblasti visokoškolskog obrazovanja. U trenutku pisanja rada, poseduje više od osamnaest godina iskustva u razvoju softvera, od vremena ranog amaterskog rada, pa sve do vremena stručnog angažovanja u oblasti razvoja softvera, u kojem je do sada proveo više od dvanaest godina. Kao saradnik u nastavi, a kasnije i kao asistent na fakultetu, učestvovao je u sprovođenju vežbi na osnovnim akademskim studijama na predmetima iz oblasti osnova metodologije programiranja, načela objektno orijentisanog programiranja, funkcionalnog programiranja, relacionih baza podataka, razvoja programa za mobilne uređaje, razvoja portala zasnovanih na veb tehnologijama u okviru praktikuma, testiranja softvera i upotrebe operativnih sistema, sa akcentom na GNU/Linux (engl. *GNU/Linux*) distribucije operativnih sistema.

U svom portfoliju, autor potpisuje veliki broj projekata razvoja softvera, među kojima dvadeset veb portala, preko šezdeset veb sajtova, deset Internet i intranet portala za unutrašnje potrebe preduzeća u kojima je radio, osam programa za mobilne uređaje, više od dvadeset modula za razne informacione sisteme i aplikativni softver za poslovne namene, veliki broj skripti za automatizaciju poslova, kao i veliki broj programskih rešenja, razvijenih u razne namene tokom svoje karijere, koja nisu zabeležena.

Do sada je kao saradnik u nastavi i asistent, bio zadužen za obučavanje preko šest stotina studenata na četiri informatička i elektrotehnička smera na osnovnim akademskim studijama pri dva integrisana fakulteta na Univerzitetu Singidunum, ali i učenika srednjih škola kroz programe stručne prakse i obuke za rad u namenskim softverskim alatima, kao i kroz programe mentorstva studentima volonterima u Računarskom centru Univerziteta Singidunum. U trenutku pisanja rada je u oblasti obrazovanja bio angažovan osam godina. Tokom ovog angažovanja, radio je i u oblasti razvoja softvera, koje je obavljao istovremeno, u istoj ustanovi, a bavio se i naučno-istraživačkim radom.

Autor je, tokom svog naučno-istraživačkog rada, učestvovao u istraživanjima i pisanju radova predstavljenih na naučnim sk⁶⁴ovima i objavljenih u zbornicama radova, kao i onih objavljenih u naučnim časopisima od nacionalnog i međunarodnog značaja. Kao asistent, učestvovao je u pisanju poglavlja za oblasti raščlanjavanja projektnog zahteva i modelovanja relacionih baza podataka, kao i ovladavanja upitnim jezikom (engl. akronim *SQL*), na primeru primene tog jezika u sistemu za upravljanje relacionim bazama podataka *MySQL*. Poglavlje je objavljeno u udžbeniku "Beze podataka" u izdanju Univerziteta Singidunum, iz 2018. godine.

Još kao asistent na navedenim predmetima, autor je bio zadužen za sastavljanje zadataka za rad, pripremu obrazaca i smernica za nepristrasno ocenjivanje ishoda tih radova, kao i za sastavljanje pitanja za elektronsko testiranje po modelu pitanja sa ponuđenim jednim ili više tačnih odgovora zatvorenog tipa, sa ograničenim vremenom za rad testa.

Svoje obaveze u radu kao nastavnik je proširio i ulogom ispitivača. Osim sastavljanja pitanja i postavki zadataka za rad, autor je bio zadužen za pregledanje i ocenjivanje rešenja radnih zadataka studenata, u skladu sa pripremljenim obrascima i smernicama za nepristrasno ocenjivanje. Nakon višegodišnjeg iskustva, ustanovio je pravilnosti i obrasce, te je osmislio postupak za automatizovano pregledanje radova. Ovaj postupak je primenio na predmetu koji se bavi obukom za upravljanje raznim distribucijama GNU/Linux (*GNU/Linux*) operativnih sistema u konzolnom okruženju.

Eksperimentalno je usavršavao programska rešenja koja su olakšavala i automatizovala postupak pregledanja i ocenjivanja radova studenata. Ovaj postupak je osmišljen sa ciljem olakšavanja pregledanja radova, ali i u cilju obezbeđivanja nepristrasnog ocenjivanja svih radova, prema istim merilima. Isto programsko rešenje je proširio mogućnošću za automatizovano sastavljanje postavki radnih zadataka za ovaj predmet, kao i obrasca za sprovođenje automatizovanog pregledanja rešenja radnih zadataka. Ovo programsko rešenje je jedno od dva koja su predmet studije slučaja istraživanja koje je autor osmislio i sprovodio u trajanju od četiri školske godine tokom svojih doktorskih studija.

1.3 Sadržina istraživanja i pretpostavke

Zaključci ovog rada su doneti ¹⁷ na osnovu istraživanja koje je sprovedeno na osnovnim akademskim studijama na Univerzitetu Singidunum, za vreme autorovog angažovanja na vežbama iz predmeta na fakultetima Univerziteta. Korišćene su obezličene ocene radova studenata sa četiri smeru iz oblasti informatike i elektrotehnike. Istraživanje obuhvata ocene radova studenata u vremenskom rasponu od četiri godine. Istraživanje je sprovedeno u smislu utvrđivanja stepena stečenih radnih veština, pre nego usvojenih teorijskih znanja. Korišćeni su ishodi ocenjivanja radova iz predmeta u oblasti upravljanja GNU/Linux (*GNU/Linux*) sistemom iz konzolnog okruženja.

1.3.1 Pretpostavke

Autor je postavio polazne pretpostavke za istraživanje. Polazna pretpostavka je bila da većina studenata nije imala ranije iskustvo u radu sa tekstualnim okruženjima za upravljanje operativnim sistemima zadavanjem naredbi. Prema tome, istraživanje će se voditi pretpostavkom da:

(I) Može da se smatra da sve grupe studenata, čija rešenja radova se koriste u istraživanju, jesu istovetne u pogledu predznanja iz oblasti koje su predmet provere stečenih radnih veština nakon nastave.

Eksperimentalna obrada podataka je sprovedena u cilju pripreme i sastavljanja okvira ovog istraživanja. Dati su obrađeni podaci o ishodima ranijih ocenjivanja kolokvijumskih i ispitnih radova. Ovi podaci su dostupni u arhivi ocena studenata Univerziteta Singidunum za prethodno vremensko razdoblje. Obradom tih podataka je utvrđeno da su studenti koji su redovno pohađali nastavu, a ¹⁸¹ bno oni koji su redovno pratili vežbe na predmetu, postigli bolji uspeh od ostalih studenata, ¹⁵ obzira na to da li je korišćen postupak ocenjivanja elektronskim testom ili rešavanjem radnih zadataka. Na osnovu toga se može zaključiti da studenti koji redovno prate vežbe lakše uspevaju da ovladaju radnim veštinama. Prema tome, usvojena je pretpostavka da:

(2) Ne treba uzeti u obzir ishode ocenjivanja radnih zadataka studenata koji nisu redovno pratili vežbe.

Evidencijom u ishode više uzastopnih polaganja kolokvijuma i ispita, u toku pripremnih istraživanja za ovaj rad, na osnovu poređenja ocena ispitnih zadataka, utvrđeno je da studenti koji više puta izlaze na ispite, ostvaruju sve bolji uspeh. S obzirom na to da se ispitni rokovi sprovode neposredno po završetku nastave, može se zaključiti da je znanje pokazano u prvom roku u kojem studenti rade zadatak pravi stepen stečenih veština koji se uzima kao početan. Ista tvrdnja važi i za polaganje radnog zadatka na drugom kolokvijumu, koji obuhvata gradivo obrađeno neposredno nedelju dana pre održavanja drugog kolokvijuma. Prema tome, usvojena je treća pretpostavka da:

(3) Treba uzeti u obzir samo rešenje iz prvog roka u kojem je student rešavao elektronski test ili radni zadatak.

Iznetim pretpostavkama se vodilo istraživanje koje je izloženo u ovom radu i čiji ishodi su predstavljeni.

1.3.2 Hipoteze

Naučno istraživački rad ima za cilj da proveriti hipoteze koje proizilaze iz opisanog problema iz uvida predloženog istraživačkog rada:

(I) Moguće je obezbediti proveru i ocenjivanje stepena stečenih radnih veština studenata automatizovanim postupkom.

(II) Moguće je elektronskim testom utvrditi stepen stečenih radnih veština studenata.

(III) Upotreba elektronskog testa je podjednako tačna prilikom utvrđivanja stepena stečenih radnih veština kao i rešavanje radnih zadataka.

(IV) Upotreba alata za automatizovano ocenjivanje rešenja radnih zadataka obezbeđuje veću tačnost ishoda ocenjivanja i nepristrasnost ocenjivanja rešenja studentskih radova.

(V) Moguće je razviti sopstveno softversko rešenje za automatizovanu proveru i ocenu stepena stečenih radnih veština.

1.3.3 Istraživačka pitanja

Kako bi se prikazane hipoteze proverile, kroz naučno istraživački projekat će se tražiti odgovori na određena istraživačka pitanja. Hipoteze ovog naučno istraživačkog rada treba nedvosmisleno potvrditi ili opovrgnuti istraživačkim pitanjima. Prilikom provere navedenih hipoteza treba uvažiti istaknute pretpostavke.

Za proveru hipoteza **(I)** i **(V)**, zadata su sledeća istraživačka pitanja:

(A) Da li je moguće razviti alat za automatizovano pregledanje i ocenjivanje rešenja radnih zadataka studenata?

(B) Da li su ishodi ocenjivanja rešenja radnih zadataka alatom za automatizovano pregledanje i ocenjivanje u saglasnosti sa ishodima ručnog ocenjivanja rešenja radnih zadataka, po ustanovljenom obrascu?

Za proveru hipoteze **(II)**, predlaže se sledeće istraživačko pitanje:

(V) Da li je moguće sastaviti pitanja za elektronski test tako da se njima može vršiti provera stepena usvojenih znanja i stepena stečenih radnih veština iz delova predmeta koji obuhvataju oblasti radnih veština?

Za proveru hipoteze **(III)**, predlaže se sledeće istraživačko pitanje:

(G) Da li su ishodi ocenjivanja elektronskim testom, onih delova predmeta koji obuhvataju oblasti radnih veština, u saglasnosti za ishodima ocenjivanja istih delova predmeta rešavanjem radnih zadataka?

Za proveru hipoteze **(IV)**, predlaže se sledeće istraživačko pitanje:

(D) Da li se upotrebom postupka automatizovanog ocenjivanja obezbeđuje nepristrasno ocenjivanje?

U cilju provere postavljenih hipoteza **(I)**, **(II)**, **(III)** i **(IV)**, za nalaženje odgovora na zadata istraživačka pitanja **(A)**, **(B)**, **(V)**, **(G)** i **(D)**, predlaže se korišćenje naučnih postupaka prikazanih u posebnom poglavlju.

Istraživanje ne obuhvata proveru i ocenjivanje stepena usvojenog znanja, već isključivo stepena stečenih radnih veština studenata.

1.4 Cilj istraživanja

Na osnovu pregleda literature, ali i na iskustvu autora koje je ranije predstavljeno, nastala je potreba da ²⁰² naučno istraže ishodi primene rešenja za automatizovano ocenjivanje radova studenata. Kao što je u prethodnom poglavlju navedeno, autor je, u cilju obezbeđivanja nepristrasne provere znanja studenta, osmislio postupak za automatizovano ocenjivanje studentskih radova. Razvio je softversko rešenje koje je obavljalo postupak pregledanja radova i na taj način je sprovodio ocenjivanje radova u razdoblju od dve školske godine. Ishode ocenjivanja studentskih radova u tom razdoblju je poredio sa ishodima provere znanja studenata koji su testirani korišćenjem postupka automatizovanog ocenjivanja radova rešavanih u vidu elektronskog testa sa pitanjima zatvorenog tipa, sa ³ pouzdenim jednim ili više tačnih odgovora, koje je sprovedeno tokom još dve školske godine. Cilj istraživanja predstavljenog u ovom radu je da se ustanove prednosti i mane dva pomenuta postupka provere znanja studenata i da se ustanovi i predstave osobine i mogućnosti tih postupaka. Istraživanje obrađuje, kako ishode ocenjivanja, tako i ¹⁹⁴ sredstva potrebna za sprovođenje provere znanja studenata korišćenjem ovih postupaka. Konačni cilj ovog rada je da se predstave predlozi i smernice za prevazilaženje prepreka u sprovođenju nepristrasne i, povrh svega, tačne provere znanja studenata. Kao moguća rešenja, biće predstavljena dva različita postupka automatizovanog ocenjivanja, koji isključuju predavača iz uloge ispitivača zaduženog da ocenjuje studentske radove, pod pretpostavkom da se na taj način obezbeđuje nepristrasnost u postupku ocenjivanja, a samim tim se daje jasnija slika o uspehu studenata i njima obezbeđuje tačna provera usvojenog znanja pokazanog rešavanjem testova ili radnih zadataka. Istraživanje obuhvata postojeća rešenja koja se bave automatizovanim pregledanjem i ocenjivanjem rešenja studentskih radova, upoređuje ih i predstavlja studije slučaja dva sopstvena rešenja koja rešavaju dve ključne strane u postupcima provere znanja i ocenjivanja, i to:

- Proveru stepena usvojenog znanja; i
- Proveru stepena stečenih radnih veština.

1.5 Prikupljanje podataka

Za potrebe poređenja dva različita postupka provere stepena stečenih radnih veština, koja su obrađena u ovom istraživanju, bilo je potrebno dopremiti ocene provera stepena stečenih radnih veština dobijenih korišćenjem oba postupka. Zbog zaštite podataka o ličnosti studenata, prikupljene podatke je bilo potrebno obezličiti pre upotrebe i prikazivanja.

1.5.1 Izvori podataka

Svi ishodi ocenjivanja kolokvijuma i ispita na Univerzitetu Singidunum se redovno objavljuju na portalu Stranica predmeta nakon kolokvijuma i ispita. Podaci su javno dostupni i može im pristupiti svako, bez prijave na portal, u skladu sa stavom 8. člana 5. iz odeljka o obavezama i odgovornostima nastavnika, pripisanih Pravilnikom o pravilima i organizaciji na osnovnim akademskim studijama Univerziteta Singidunum [8]. Ishodi ocenjivanja kolokvijuma i ispita se objavljuju u različitim oblicima, koji se razlikuju od predmeta do predmeta. U većini slučajeva, podaci su objavljeni u tabelarnom obliku u okviru prenosivih dokumenata (*PDF*) ili u obliku radne sveske programa za tabelarna izračunavanja Eksel (engl. *Excel*). U retkim slučajevima, ocene ispita i kolokvijuma su objavljeni kao tabelarno oblikovani tekstualni zapis, neposredno u objavi na stranici predmeta na portalu. U tom slučaju, ocene su kodirane jezikom za označavanje činilaca veb stranice (*HTML*). Izdvajanje podataka iz *HTML* koda sa stranice predmeta je obavljeno kopiranjem, a izdvojeni podaci su provereni i ručno, sa ciljem obezbeđivanja tačnosti. Provera je izvršena nekoliko puta, kako bi se smanjila verovatnoća greške.

Prikupljanje podataka je izvršeno za predmet na kojem je sprovedena upotreba dva različita postupka provere stepena stečenih radnih veština. Svi podaci o ishodima ocenjivanja su prikupljeni ručno, iz objava sa stranice predmeta [8] i podeljeni su prema tome u kom ispitnom roku su objavljeni, odnosno u kom terminu su studenti te poene stekli.

S obzirom na to da je bilo neophodno uskladiti podatke koji se koriste u istraživanju sa ograničenjima koje proizilaze iz pretpostavke (2) propisane u okviru poglavlja koje opisuje sadržinu istraživanja, bilo je neophodno dobiti podatke o studentima koji su redovno pratili vežbe na predmetu.

Kako je podela bodova na osnovu kojih se računa ocena propisana na celom Univerzitetu za sve predmete, poznato je da studenti stiču bodove za praćenje predavanja i vežbi. Student koji prati sve vežbe, stiče pet bodova koji su predviđeni za praćenje vežbi. Podaci o broju bodova se objavljuju na kraju semestra, nakon poslednje nastavne nedelje i obuhvataju broj bodova stečenih po osnovu praćenja predavanja, broj bodova stečenih po osnovu praćenja vežbi, broj bodova sa prvog kolokvijuma i broj bodova sa drugog kolokvijuma. Prema tome, iz zabeleženih ishoda ocenjivanja, moguće je utvrditi koji studenti su pratili najmanje dvanaest od ukupno trinaest časova, na osnovu ukupnog broja bodova.

S obzirom na to da se brojevi bodova najčešće zaokružuju prirodnim zaokruživanjem na ceo broj, moguće je utvrditi koji studenti su pratili najmanje dvanaest od trinaest časova vežbi tako što se uzimaju u obzir samo oni studenti koji imaju najveći broj bodova (pet). U toku semestra, održava se ukupno trinaest časova vežbi. Najveći broj bodova je pet. Prema tome, za praćenje jednog časa vežbi, stiče se 0,39 bodova. Za praćenje jedanaest časova vežbi, student stiče četiri od pet bodova.

1.5.2 Sređivanja podataka

S obzirom na to da su podaci sa ocenama ispita dopremljeni sa stranice predmeta u različitim oblicima, neophodno je bilo da se izvrši sređivanje i da se svi podaci svedu u jedinstveni oblik koji bi mogao da bude upotrebljen u daljoj obradi. Oblik koji je odabran za čuvanje i dalju obradu ulaznih podataka istraživanja je oblik radne sveske programa za tabelarna izračunavanja Eksel (engl. *Excel*). Podaci iz objavljenih dokumenata sa ishodima ocenjivanja, koji su odabrani, su školska godina, redni broj ispitnog roka u školskoj godini, broj indeksa studenta i broj bodova koje je student ostvario na ispitu.

Podaci o broju bodova koji su studenti stekli na osnovu redovnog praćenja vežbi su, za potrebe dalje obrade, takođe sačuvani u obliku Eksel datoteke. Zadržani su podaci o školskoj godini i broju indeksa studenta. Broj bodova nije bio neophodan, jer su uzeti u obzir samo studenti koji su ostvarili najveći broj bodova (pet), što je u skladu sa pretpostavkom (2).

1.5.3 Priprema podataka

Nakon što su podaci dopremljeni i sređeni o ocenama stepena stečenih radnih veština i o tome koji studenti su redovno pratili vežbe, bilo je potrebno pripremiti samo podatke koji odgovaraju preseku ta dva skupa, sparenih na osnovu broja indeksa i razvrstanim po školskoj godini kada su stečeni.

Uzete su u obzir samo one ocene rešenja radova studenata koji su redovno pratili vežbe, tj. samo oni zapisi iz tabele podataka ishoda ocenjivanja tih radova, gde se nalazi broj indeksa studenta koji postoji u tabeli studenata koji su redovno pratili vežbe, kao što je objašnjeno u prethodnom odeljku.

Nakon prečišćavanja podataka, bilo je potrebno obezličiti sve ove podatke. Obezličavanje je izvršeno zamenom brojeva indeksa proizvoljnim jedinstvenim celim brojevima. Celi brojevi su dodeljivani nasumično za svaki broj indeksa, tako da se za svaki ponovljeni broj indeksa dodeli istovetan, nasumično određen ceo broj. Nasumično odabrani celi brojevi se ne ponavljaju nikada. Ovime se sprečava pridruživanje podataka o ishodima ocenjivanja jednog studenta drugom. Nakon što je svaki broj indeksa u celokupnom skupu podataka zamenjen nasumično određenim celim brojem, svi brojevi indeksa su trajno uklonjeni iz skupova podataka. Takođe, trajno je obrisana i privremena tabela koja je korišćena da se vodi računa o tome koji broj je dodeljen umesto kojeg broja indeksa, da bi se sprečilo ponavljanje. Na ovaj način je obezbeđeno da više ne bude moguće vratiti brojeve indeksa na prvobitna mesta u izvornim podacima kojima su pripadali.

Brojevi bodova ishoda ocenjivanja rešenja elektronskih testova i rešenja radnih zadataka pripadaju skupu celih brojeva u opsegu od 0 do 30. Ove izvorne vrednosti su zadržane u nepromenjenom obliku u skupovima podataka koji su u radu obrađivani i prikazani u tabelama u prilogima.

1.6 Pregled literature

Pregledom literature određena je polazna tačka u unapređenju uspeha do sada objavljenih istraživanja koja se bave zadatkom automatizovane provere znanja u obrazovanju, a posebno sa osvrtom na oblast računarstva i informacionih tehnologija. U ovom poglavlju su prikazana saznanja o izazovima sa kojima su se istraživači i stručnjaci susretali, kao i neki postupci koje su koristili da prevaziđu te izazove. Takođe, dati su pregled i opis načina primene posebnih rešenja koja su oni koristili u svojim istraživanjima, sa osvrtom na osnovne zaključke njihovih istraživanja.

Jedno sprovedeno istraživanje [9] je pokazalo da se u skoro tri četvrtine (74%) slučajeva, za ocenjivanje rešenja rada studenata u oblasti računarstva, koristi pristup rešavanjem radnog zadatka, a svi ostali načini u manjoj meri. U srodnim istraživanjima [10, 11], ispitanici su istakli da su radovi čijim ocenjivanjem je utvrđivan uspeh studenata dostavljani kako lično, tako i elektronskim putem. Međutim, ovi radovi su najčešće dostavljani elektronskim putem nastavniciima i ispitivačima. Uprkos tome što su radovi bili dostupni u elektronskom obliku, u najvećem broju slučajeva, ocenjivani su ručno. U većini slučajeva, ispitanici su istakli da su postupci automatskog ocenjivanja radova korišćene isključivo za jednostavne radne zadatke, kao i za testove sa ponuđenim odgovorima, kod kojih je automatizovano ocenjivanje bilo moguće sprovedi bez velikog broja prepreka. Navedena istraživanja daju pregled različitih postupaka i primena alata za automatizovano ocenjivanje radova iz oblasti programiranja računara.

Programiranje računara spada u oblasti računarstva i informacionih tehnologija i jedno je od obaveznih u okviru studijskih programa iz ovih oblasti. Zadaci iz ove oblasti su radni i zahtevaju više vremena i angažovanja nastavnika, kako u ocenjivanju, tako i u davanju predloga za dalji rad, usavršavanje znanja i učenje u cilju poboljšanja veština u ovoj oblasti. Posebno je primećeno da nastavnici troše značajno vreme da sastave cele postavke radnih zadatka pred svaki ispitni rok. Ovaj posao rade ručno.

U programiranju, studenti korišćenjem gradivnih činilaca i osobina programskog jezika sastavljaju algoritam koji izražavaju programskim kodom sa ciljem da automatizuju rešavanje poznatih postupaka. Automatizovana rešenja, iako obezbeđuju uštedu vremena zbog svoje brzine, najčešće ne uzimaju u obzir različite pristupe u rešavanju zadataka i zbog toga nejednako vrednuju različita rešenja, čak i kada daju tačne ishode – kako u smislu delovanja, tako i u smislu tačnosti samog rešenja radnog zadatka. Ovo utiče na tačnost ocenjivanja, a kod studenata stvara utisak pristrasnog pristupa ocenjivanju njihovih radova. Ishodi ovog istraživanja u velikoj meri pomažu da se utvrde česte poteškoće sa kojima se studenti susreću, ali i izazove na koje nailaze nastavnici koji razvijaju i stavljaju u upotrebu alate za automatsko ocenjivanje radova, jer izazovi u oblasti programiranja odgovaraju izazovima u oblasti predmeta studije slučaja ovog rada.

Na predmetu "Operativni sistemi", kojim se bavi studija slučaja ovog rada, studenti uče korišćenje konzolnog interfejsa jedne distribucije GNU/Linuks (*GNU/Linux*) operativnog sistema, sa ciljem automatizacije pojedinih postupka. Kroz svoj rad, studenti pišu kodove na jezicima za pisanje programa i skripti koje se izvršavaju (uz prevođenje ili tumačenjem) i na taj način rešavaju određene zadatke. Ovi kodovi predstavljaju rešenja studentskih radova koje nastavnici zatim pregledaju. Primena postupaka, preporuka i postupaka predstavljenih u ovom istraživanju se neposredno mogu preslikati i primeniti na zadatak automatizovanog ocenjivanja radova sa ciljem provere znanja, s obzirom na to da sposobnost primene radne veštine zasnovane na nekom znanju, podrazumeva da je to znanje usvojeno.

Najčešći pristup za ocenjivanje rešenja radnih zadataka u ovoj oblasti je provera ispravnosti rešenja, dok se za proveru stepena usvojenih znanja koriste testovi [12]. Predložena rešenja su saglasna sa rešenjem razvijenim u alatu predstavljenom u studiji slučaja obrađenoj kroz ovaj rad, a posebno sa smernicom da postupak ocenjivanja mora da bude nepristrasan. Postupak koji se koristi podrazumeva da je unapred poznat ishod rada celog programa ili njegovog dela. Ova utvrdiva priroda omogućava da se studentsko rešenje automatizovano izvrši za više različitih skupova ulaznih vrednosti i da se ishodi uporede sa očekivanim ishodima za određeni zadatak.

Kod ovog pristupa, neophodno je da rešenje zadatka ili njegovih pojedinačnih delova, čiji ishodi mogu sa sigurnošću da se znaju, bude dostupno alatu za automatizovano ocenjivanje, zajedno sa skupovima unapred određenih ulaznih i očekivanih izlaznih vrednosti. Skupovi ulaznih i očekivanih izlaza vrednosti mogu da budu ručno određeni za poseban zadatak ili mogu da budu određeni automatski korišćenjem pomoćnih alata koji učestvuju kao podrška prvom, za stvaranje obrasca za upoređivanje ishoda.

Osim testiranja delovanja, u navedenom istraživanju je predstavljen još jedan postupak automatizovanog ocenjivanja rada koji se u potpunosti slaže sa potrebama, ali i načinim na koji je razvijen deo alata za automatizovano ocenjivanje rešenja predstavljenog u studiji slučaja. Ovaj postupak podrazumeva statično raščlanjavanje samog koda rešenja. Već je utvrđeno da i u oblasti programiranja, kojim se bavi navedeno istraživanje i u predmetu studije slučaja, radovi studenata jesu u obliku izvornog koda. Prema tome, moguća je statičko raščlanjavanje samog koda, koji je dostavljen kao studentsko rešenje, bez potrebe za njegovim izvršavanjem na računaru.

Oblast u kojoj je postupak automatizovane ocene znanja, pregledanjem radova i testova, u velikoj meri u upotrebi jeste učenje na daljinu. Učenje na daljinu se sprovodi u ustanovama koje nude pohađanje studijskih programa preko Interneta. Često, ti programi obuhvataju učenje i rešavanje testova i zadataka preko Interneta, preko posebnih platformi razvijenih za potrebe ove vrste sprovođenja obrazovanja. U ovakvim okolnostima, automatizovani postupci ocenjivanja znanja i pregledanja radova su od koristi, kako studentima, tako i nastavnicima [13]. Na ovaj način, studenti istog trenutka mogu da dobiju ocenu svog rada. To je za njih od velike važnosti, posebno u oblasti računarstva [14].

1.7 Naučni postupci primenjeni u istraživanju

Ishodi ocenjivanja rešenja radova studenata koji se u istraživanju koriste su dobijeni na osnovu dva različita načina provere stepena stečenih veština. I jedan i drugi načini daju vrednosti ocena koje su u istom opsegu i korišćeni su za proveru stepena stečenih radnih veština. U oba slučaja, provere stepena stečenih veština su sprovedena u svojstvu drugog, radnog, kolokvijuma na predmetu na kojem se obrađuje upotreba distribucija GNU/Linuks operativnih sistema i njihovo upravljanje u konzolnom okruženju, zadavanjem naredbi. Prema tome, jedinu razliku čini postupak koji je korišćen za ocenjivanje studentskih radova.

Razlog za korišćenje prvog postupka je proizašao iz pretpostavke da je za utvrđivanje stepena stečenih veština neophodno da studenti primene svoje stečene veštine na rešavanje radnih zadataka. Za ovu pretpostavku postoji potvrda u pregledanoj literaturi koja je u daljem radu navedena. Ovaj postupak je primenjen tako da vrši ocenjivanje automatizovano, na osnovu zadatka čiji tekst je sastavljen na osnovu unapred određenih delova koji za cilj imaju da provere da li je ispitanik usvojio pojedinačne radne veštine u upravljanju operativnim sistemom iz konzolnog okruženja. Ishodi ocenjivanja su dostupni ispitivaču, zajedno sa pregledom pojedinačnih činilaca na osnovu kojih je izračunata konačna ocena, tj. procene postotka do kojeg je ispitanik usvojio pojedine radne veštine, na osnovu rada.

Međutim, naknadnim i opsežnijim pregledom literature, utvrđeno je da postoje potvrđene pretpostavke da je provera stepena stečenih veština moguća i korišćenjem postupka koji se inače koristi za potrebe provere stepena usvojenih znanja, odnosno na stručnim predmetima iz različitih oblasti [15, 16, 17, 18]. Postupak koji je u pitanju je test sa pitanjima sa ponuđenim odgovorom od kojih je tačan jedan ili više njih [19]. Ovaj postupak može da se upotrebljava pod pretpostavkom da su pitanja, ali i ponuđeni odgovori, oformljeni na taj način da umanje mogućnost korišćenja pristupa nagađanja tačnog odgovora. To može da se obezbedi uklanjanjem očigledno netačnih odgovora, u svim oblicima pitanja i da se utvrđivanje stepena stečene jedne određene veštine proverava pomoću više pitanja sastavljenih na različite načine [20]. Na taj način bi moglo da se onemogući stanje u kojem bi se, ako nastane slučajan izbor tačnog odgovora, na osnovu samo jednog pitanja, pogrešno potvrdilo da je ispitanik pokazao zadovoljavajući stepen poznavanja veštine u oblasti za koju se tim pitanjem testira [21], suprotno zapažanjima opisanim u [22]. Uvođenjem najmanje dva pitanja po veštini, umanjuje se mogućnost greške na ovaj način [19]. Dalje, uvođenjem barem jednog pitanja sa više tačnih odgovora, umanjuje mogućnost slučajnog davanja tačnog odgovora [23, 24]. Konačno, kako bi se još umanjila verovatnoća slučajnog odabira tačnog odgovora i na ona pitanja koja imaju samo jedan tačan odgovor među ponuđenima, ta pitanja treba da imaju veći broj ponuđenih odgovora [25].

U nastavku ovog poglavlja je predstavljen uvid u literaturu koja potvrđuje pretpostavke koje je autor imao prilikom smišljanja i razvoja prvog postupka, ali i razloge za sprovođenje drugog postupka ocenjivanja koje je ranije opisano. Odeljak navodi postupke koji kojima se autor služio da potvrdi pretpostavke, kao i da obradi i predstavi ishode svog istraživanja.

1.7.1 Studija slučaja

Postupak sprovođenja studije slučaja, ili ispitivanja, je naučni postupak koji je pogodan za upotrebu onda kada je ogled previše strog [26, 27]. Međutim, u ovom istraživanju, postupak je korišćen kao dopuna drugim postupcima i služi da objasni ishode koji ne mogu da se mere i predstave brojučano na osnovu podataka koji su za potrebe ovog istraživanja dostupni i relevantni. Ovim postupkom su pojašnjeni uzroci i motivacije za sprovođenje promena i primene opisanih postupaka provere stepena usvojenih veština, koje je izvršio autor, koji je u vreme koje obuhvata studija slučaja, delovao u svojstvu predavača i ispitivača. S obzirom na to da ovaj postupak nema jasno propisani način prikupljanja podataka i ne oslanja se na jasne logičke postupke za donošenje zaključaka [28, p. 230, 29, pp. 68-70], on je u ovom istraživanju primenjen da bi se bolje predstavili okolnosti i motivacije za donošenja određenih odluka koje su dovele do promena čiji uticaj se meri drugim postupcima na koje se ovo istraživanje oslanja.

1.7.2 Brojučana obrada uzoraka

Brojučana obrada podataka i brojučano prikazivanje ishoda obrade (statistički postupak) je opšte-naučni postupak koji je u ovom istraživanju korišćen da raščlanjavanjem ishoda ocenjivanja testova za provere stepena usvojenih radnih veština. Ovi podaci su dobijeni primenom dva različita postupka ocenjivanja. Brojučanom obradom, autor može da obezbedi matematičke, brojučane i svojstvene potvrde svojih pretpostavki [28, p. 160]. Iako se postupak koristi u istraživanjima koja kao predmet istraživanja imaju velike uzorke, nastale iz izvora koji broje mnoštvo pojedinačnih pojava [28, p. 165], opravdanost upotrebe ovog postupka se vidi u tome što je broj radova studenata koji mogu da se posmatraju i koji su prikupljeni za potrebe ovog istraživanja reda veličine više stotina.

1.7.3 Vrednosno raščlanjavanje

Vrednosno ili brojučano raščlanjavanje podrazumeva izdvajanje saznanja o predmetu posmatranja tako da ishodi ovog postupka bude konačan broj tačno određenih vrednosti koje mogu da budu predstavljene brojučano. Ove vrednosti mogu da budu obrađene računski. Vrednosti dobijene kao ishod ove obrade su i dalje brojučane vrednosti. One su tačno određene i predstavljaju novo saznanje koje proizilazi iz prvobitno utvrđenih ili izmerenih. One dodatno pojašnjavaju i određuju predmet posmatranja i istraživanja. Nova saznanja o predmetu posmatranja i raščlanjavanja predstavljaju krajnji cilj svih postupaka vrednosnih raščlanjavanja koja se koriste u obradi [28]. Postupci vrednosnog raščlanjavanja zahtevaju postojanje konačnog skupa jedinstvenih brojučanih vrednosti koje se podvrgavaju obradi.

Zavisno od obuhvata predmeta istraživanja, moguće je potpuno ili delimično raščlanjavanje činilaca predmeta, njegovih svojstava, unutrašnjih i spoljašnjih odnosa i delovanja predmeta. Ako se pristupa potpunom raščlanjivanju osobina predmeta, uzimaju se u obzir sve osobine za sve vreme trajanja predmeta obrade. Delimičnim raščlanjivanjem se dolazi do opredeljenja da se prihvate uže vrste svojstava predmeta koje treba posmatrati i obraditi postupcima koje ova vrsta raščlanjavanja stavlja na raspolaganje. Vrednosno raščlanjavanje se deli na raščlanjavanje sadržaja, sastava, delovanja, porekla i činilaca [30]. Osim tih, postoje posebna raščlanjavanja koja se oslanjaju na poređenje, u cilju utvrđivanja sličnosti i razlika osobina predmeta, ali i raščlanjavanje pravilnosti koje vladaju u odnosu na predmet istraživanja i zakonitosti njegovog postojanja [31, pp. 124-154].

1.7.4 Svojstveno raščlanjavanje

Svojstveno raščlanjavanje omogućava utvrđivanje svojstava koje ima neka pojava ili predmet posmatranja. Ishod primene ovog postupka su opisna svojstva, koja mogu biti u obliku reči, slike, itd. Ishodi koji proizilaze iz postupka raščlanjivanja predmeta posmatranja imaju takve osobine da ne mogu lako da se neposredno koriste u postupku naknadne obrade. Ti ishodi, odnosno svojstva, moraju da se pretvore u oblik koji je moguće obraditi. Svojstva se svode na brojčane vrednosti nekom dodatnom obradom, najčešće postupkom dodele vrednosti iz određenog opsega ili brojčanom obradom samih svojstava. Ovako nastaju vrednosti koje mogu da ¹⁸⁰ dodatno obrađuju ili raščlanjaju postupkom vrednosnog raščlanjavanja koje je opisano u prethodnom poglavlju.

S obzirom na to da svojstvena raščlanjavanja kao ishod često mogu imati pripovedne ili slikovne opise, jasna je potreba da se oni pretvore u vrednosti koje mogu vrednosnim raščlanjivanjem dalje da se obrađuju, tj. u brojčane vrednosti. Iz ishoda ove vrste obrada je potrebno izdvojiti činioce u obliku uređenih osnovnih vrsti svojstava [32], tako da mogu da budu praćeni, prebrojani, raspoređeni i sakupljeni u nova saznanja [28].

Ishod svojstvenog raščlanjavanja može da bude i određenje predmeta istraživanja, doneto na osnovu razmatranja zaključaka o njegovim osnovnim osobinama i dejstvovanjima. Ovo određenje može da proiziđe i iz saznanja zasnovanih na iskustvu istraživača [33], za šta su često potrebna dodatna pojašnjenja i uverenja koja pravdaju ovakav postupak. Ovakvo postupanje pri sastavljanju određenja osobina predmeta istraživanja ne mogu da budu neposredno proverene i potvrđene, te je neophodno potkrepiti ih činjenicama koje mogu da budu potvrđene o samom predmetu i njegovim osobinama i na osnovu kojih je moguće doneti isti zaključak koji predstavlja osnov na kojem se zasniva određenje. Te potvrde se mogu naći u srodnim istraživanjima.

1.8 Sastav rada

Ostatak rada je podeljen u devet poglavlja, uz dodatna poglavlja namenjena za bibliografske reference, prikaze tabela, slika, priloga itd.

Narednih pet poglavlja obuhvataju pregled literature koja se bavi obrazovanjem u oblasti računarstva; sredstvima za pomoć pri učenju, sa posebnim osvrtom na računarski hardver i softver kao platformu i sredstvo za pomoć pri učenju i ocenjivanju usvojenih znanja i stečenih veština; izazov provere znanja na predmetima čiji cilj jeste sticanje radnih veština; pitanje nepristrasnog ocenjivanja radova na predmetima iz oblasti računarstva; studiju slučaja na predmetu na kojem su primenjena načela obrazovanja u oblasti računarstva, na kojem se računarski hardver i softver koriste kao osnovno sredstvo za pomoć pri učenju; na kojem se primenjuju načela provere znanja i ocenjivanja rada. U radu su opisana i prikazana dva softverska rešenja koja podržavaju navedena načela i na kojima se zasnivaju studije slučaja. Oba opisana rešenja su sopstvena rešenja koja se koriste na Univerzitetu Singidunum, za potrebe utvrđivanja stepena usvojenih znanja i stepena stečenih radnih veština. Na kraju rada su predstavljeni ishodi istraživanja, ali i rasprava ishoda kroz koju su ukazane prednosti i mane prikazanih rešenja i pristupa ocenjivanju studentskih radova. Pred kraj rada su predstavljena razmatranja ograničenja ovog istraživanja, a rad je završen zaključkom u kojem je naveden svedeni pregled ovog istraživanja i izneta su najvažnija saznanja koja su opisana u raspravi rada.

Svako poglavlje je podeljeno u poglavlja drugog ili trećeg reda koji obuhvataju zasebne celine ili manja odstupanja sa ciljem pojašnjenja celine. Dalje podele su istaknute oblikovanjem naslovljenih odeljaka teksta koji pojašnjavaju posebne delove kao što su slike, tabele i prikaze koda.

Na samom kraju rada, iza potrebnih priloga, napisan je kratak tekst o autoru i priložene su i sve neophodne prateće izjave autora, a u vezi sa radom, njegovim sadržajem i odobrenim načinom upotrebe ovog dokumenta.

2 Obrazovanje u oblasti računarstva

Od nastanka prvog elektronskog računara nije prošao ni jedan vek, a upravo uticaj tih uređaja je od presudnog značaja na svakodnevni život ljudi i na odvijanje savremenog sveta. U današnje vreme nije moguće zamisliti moderan svet bez računara.

Računari su postali sastani deo velikog broja svakodневnih aktivnosti. Samo mobilni uređaj u svetu poseduje preko 65% ljudi [34]. Pored toga, računari se nalaze u velikom broju uređaja koje ljudi svakodnevno koriste, kao što su televizori, bankomati, automobili, elektronski reklamni prostori, kase u prodavnicama, aparati za naplatu javnog prevoza itd.

³ Svi ovi podaci govore u prilog tome da je računarska pismenost već u ovo vreme važna sposobnost, pa je obrazovanje u oblasti informacionih tehnologije i računarstva vrlo važno. Obrazovanje u oblasti računarstva se sprovodi u svim stepenima obrazovanja, od osnovnog, preko srednjeg do visokog obrazovanja, a u mnogim slučajevima počinje i znatno pre osnovne škole.

U ovom naučnom radu, usredsređenost istraživanja je na stručnom obrazovanju u oblasti računarstva na visokoškolskim studijama. U ostatku ovog poglavlja, dat je pregled istorije obrazovanja u oblasti računarstva, kao i o načinima koji se u njemu primenjuju. Cilj ovog poglavlja je da se pokaže opravdanost istraživanja o načinima ocene stepena stečenih veština, koje je jedan od važnih delova obrazovnog procesa, posebno u oblasti računarstva.

2.1 Istorija obrazovanja u oblasti računarstva

Računarstvo kao nauka je nastalo iz potrebe da se obezbedi način za brzu obradu podataka kroz postupke automatizacije pomoću programabilnih računara. Obrazovanje u oblasti računarstva se kroz istoriju ove oblasti prilagođavalo tehnologijama koje su u to vreme pretežno bile u upotrebi. U prvim godinama računarstva, računare su i koristili i programirali inženjeri i naučnici koji su često bili angažovani u njihovoj izgradnji. Bilo je neophodno dobro poznavati način rada i sastava računara da bi se on dejstveno programirao i koristio na najbolji mogući način.

Sa nastankom programskih jezika za računare sa programima koji su upisivani u memoriju računara, postalo je moguće obrazovati nove naraštaje programera. Ovi programeri i korisnici nisu morali da poznaju izgradnju računara kako bi ga programirali. Postupke automatizacije obrade podataka je samim tim mogao da razvija veći broj programera. Nastankom prvih ličnih računara, računari su postali dostupni velikom broju novih korisnika. Korisnici ovih računara često nisu umeli da ih programiraju i koriste na napredne načine. Oslanjali su se na to da koriste gotove softverske alate i programe koje su drugi napisali. Vremenom, javila se potreba za obrazovanjem ove vrste korisnika.

Rani korisnički interfejsi računara nisu uvek bili razumljivi i prirodni. Prvim ličnim računarima se upravljalo unošenjem tekstualnih naredbi kroz konzolu (terminal) pomoću tastature i ishodi tih naredbi su prikazivani na ekranu povezanim sa računarom. Tumačenje i razumevanje ovih ishoda zadatih naredbi je zahtevalo posebnu obuku. Kako su softverski alati postajali složeniji i kako je broj funkcija koje je računar mogao da obavi postajali sve veći, javila se potreba za opsežnijim obukama korisnika.

Tradicionalno obrazovanje nije obuhvatalo oblasti upotrebe računara, a posebno ne programe sticanja veštine računarskog razmišljanja, neophodnog za rešavanje zadataka pomoću računara, naredbama ili pisanjem koda programa.

Obrazovanje u oblastima izvedenim iz grana nauke, matematike, tehnologije i inženjerstva, kako u osnovnom, tako i u srednjoškolskom uzrastu nije uključivalo obavezno savladavanje rada na računaru i sticanje tih veština. Informatička pismenost je uvedena u osnovne i srednje škole u svetu tokom poslednje tri decenije prošlog veka i u prvim decenijama ovog stoleća. Još uvek nije u svim državama sveta uvedeno obavezno informatičko obrazovanje.

Međutim, opšte informatičko obrazovanje se često svodi na upotrebu računara kao uređaja i osnovnog skupa najčešće korišćenih softverskih alata. Obrazovanje sa ciljem sticanja veštine računarskog razmišljanja i pristupa rešavanju zadataka pomoću računara, uz sposobnost postupka raščlanjavanja i razmatranja izazova na uopšteni način, često je zastupljeno u okviru srednje stručne škole ili se uči na visokoškolskim studijskim programima vezanim sa oblastima informatike i računarstva.

2.1.1 Rano razdoblje - pre Interneta

Iako su prvi elektronski računari, koji su nastali četrdesetih godina dvadesetog veka, bili razvijeni delom uz pomoć univerziteta i instituta [35], broj stručnjaka koji su aktivno vladali potrebnim znanjem i veštinama da ih programiraju je još uvek bio mali. S obzirom na to da je oblast rada sa elektronskim računarima bila nova, a potreba za programerima je vrlo brzo postajala sve veća, ubrzano su razvijani načini obrazovanja novih programera koji bi usvojili potrebna znanja i stekli radne veštine. U raznim zemljama su postojali posebni programi obuke stručnjaka za oblast računarstva i za rad sa elektronskim računarima. Većina obrazovnih programa za nove radnike i stručnjake, posebno u oblasti programiranja, otpočela je u periodu od pedesetih do sedamdesetih godina dvadesetog veka u raznim zemljama sveta, o čemu svedoči više dokumenata [36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43]. Sa napretkom tehnologije, menjali su se pristupi obrazovanja u ovoj oblasti. Rani oblici i načini učenja su podrazumevali dug period učenja o radu samog računara, bez mogućnosti neposrednog pristupa toj tehnologiji i rada na samom računaru. Kako su računaru postajali jeftiniji, pristupačniji i rasprostranjeniji, došlo je do promena u načinima obrazovanja u tom smislu da je bilo moguće ranije uključiti studente u rad na računarskim sklopovima [44].

Učenje kroz rad je davalo bolje ishode [45, 46]. Iako je bilo zemalja koje su u svojim školama obrazovanje u oblasti upotrebe računara uvodile u okviru osnovnog obrazovanja, uglavnom je u okviru srednjoškolskog obrazovanja ovaj vid nastave bio pretežno prisutan.

2.1.2 Savremeno razdoblje - posle Interneta

Početak osamdesetih godina dvadesetog veka, kada je sve veći broj korisnika mogao da poseduje lični računar, prepoznata je potreba za uvođenjem obrazovanja u oblasti upotrebe računara u osnovnim školama. Međutim, nedostatak sredstava, političke prepreke i nedostatak stručnog kadra uposlenog u osnovnim školama je u velikoj meri onemogućavao uvođenje ovog vida nastave u svim školama. Ovo je bilo posebno prisutno u manje razvijenim zemljama u kojima, čak i do današnjeg dana, u dvadeset i prvom veku, nastava u oblasti upotrebe računara nije zastupljena u dovoljnoj meri. Svakako, sve veća zastupljenost ličnih računara, a posebno nastanak Interneta, koji se velikom brzinom širio i postajao dostupan sve većem broju korisnika, otvorili su vrata novim načinima nastave u oblasti računarstva i informacionih tehnologija. Internet je već u to vreme bio dostupan kao usluga i nije predstavljao zatvoreni sistem dostupan samo vojsci, policiji, univerzitetima, institutima i državnim agencijama.

Mogućnost zakupa Internet saobraćaja i ostvarivanja Internet veze otvorila je vrata novim primenama Interneta [47]. U početku, Internet se nije koristio kao sredstvo u obrazovanju u osnovnim školama. Mrežna razmena podataka između računara jeste postojala pre Interneta i korisnici ovih mrežnih sistema su zagovarali pristup upotrebi računara sa ciljem otvorenog i slobodnog širenja i pružanja informacija na nivou celog sveta, bez ograničenja [48]. Upotreba Interneta je bila pretežno zastupljena u srednjim školama i u visokom školstvu, u cilju naučnog i drugog istraživačkog rada učenika i studenata, posebno za pronalaženja literature za pisanje radova. Kako u ranom periodu Interneta nije bilo dovoljno materijala, niti načina da se sav dostupan materijal lako pretraži na Internetu, učenici i studenti su se i dalje oslanjali na fizičku literaturu, a Internet su koristili za pretraživanje popisa bibliotekarske građe kako u okvirima njihove školske ili univerzitetske biblioteke, tako i u širim okvirima područja u kojem su živeli, npr. na nivou grada ili države, kao pretragu kataloga [49, 50, 51].

Razvoj Interneta, uslužnih programa na Internetu, kao i tehnologija prikazivanja i upravljanja Internet portalima omogućio je poboljšanje i proširenje vrsta usluga koje su postale dostupne korisnicima Interneta. To je posebno uticalo na oblast obrazovanja, kako u školskim uslovima, tako i kod kuće [52]. Sve više kućnih računara moglo je da bude povezano na Internet. Načini povezivanja na Internet su se razlikovali. Međutim, u početku, najčešće je za pristup korišćeno povezivanje putem telefonske veze, tj. *Dial-Up* [53]. Sredinom prve decenije dvadeset i prvog veka, broj široko-pojasnih Internet veza je prestigao broj *Dial-Up* veza [54]. To je u velikom meri uticalo na poboljšanje usluga u oblasti obrazovanja, ali i na nastanak novih načina obrazovanja preko Interneta, posebno u oblasti računarstva.

2.2 Načini obrazovanja u oblasti računarstva

Obrazovanje je važan deo društva i savremenog društvenog poretka. Ono ima za cilj da na osnovu sakupljenih saznanja i iskustava celog društva iz prošlosti, u sadašnjosti obrazuje nove naraštaje, da oblikuje njihove ličnosti, načine razmišljanja, kao i da im pruži potrebna znanja i veštine i pripremi ih za budućnost. Obrazovanje je ranije imalo za cilj usmeravanje novih naraštaja u smeru opštih tumačenja i misli kojima je vođena država u kojoj se obrazovanje sprovodilo. Ovaj način tumačenja uloge obrazovanja se smatra zastarelim. U savremenom društvu, usled sve veće povezanosti i mogućnosti trenutne razmene poruka, zamisli i saznanja, ovo određenje pojma obrazovanja sve manje gubi smisao.

Savremeno obrazovanje odbija to staro tumačenje svoje svrhe i cilja. Savremeno shvatanje obrazovanja podrazumeva podređivanje obrazovanja potrebama svetskog poretka [55, 56]. S obzirom na to da su informacione tehnologije oblast koja se razvija na svetskom nivou, ovaj pristup u najvećoj meri odgovara obrazovanju u oblasti informacionih tehnologija.

2.2.1 Samostalno učenje

Obrazovanje u oblasti računarstva i informacionih tehnologija u početku jeste bilo sprovedeno u okvirima univerziteta, instituta, stručnih škola i preduzeća koje su razvijale te tehnologije. Međutim, kako se broj ljudi koji poseduju lične računare povećavao i kako su informacione tehnologije postajale dostupne sve većem broju korisnika, vođeno učenje u obliku u kojem je sprovedeno ranije nije bilo dostupno svima koji su bili zainteresovani da se u ovoj oblasti obrazuju i usavršavaju. Veliki broj korisnika računara, posebno u oblasti programiranja, za sebe kažu da su samouki, iako pored toga imaju zvanično obrazovanje osnovnih studija [57]. Novija istraživanja pokazuju da sve veći broj stručnjaka u oboj oblasti poseduje osnovni ili viši nivo obrazovanja. Određena istraživanja više ne ističu izjave ispitanika vezane za to da li sebe smatraju samoukim [58, 59], dok druga obrađuju tu vrstu izjave i pokazuju da se danas oko trećina stručnjaka u oblasti programiranja izjašnjava da sebe smatraju samoukim [60, 61].

Prednosti samostalnog učenja podrazumevaju slobodno raspolaganje i raspoređivanje svog slobodnog vremena, učenje prilagođenom brzinom i obradu gradiva koje učenika ili studenta zanima u tom trenutku [62]. Osim toga, pristup učenju je u celosti ličan i prilagođen sopstvenim potrebama. To je u potpunoj suprotnosti vođenim obrazovnim programima, koji su sastavljeni tako da pretpostavljaju početni stepen znanja i veština polaznika.

Kod većine polaznika koji se opredeljuju za samostalno učenje, nedostaci su slični. Oni podrazumevaju nepoznavanje redosleda učenja i nasumičan pristup u obrađivanju gradiva. Najčešći nedostaci podrazumevaju površno učenje i pogrešno razumevanje osnovnih pojmova i celina [63, 62, 64, 65].

2.2.2 Vođeno učenje - mentorstvo

Osnova reči mentor, od koje je izveden pojam mentorstvo, se može naći u najranijim indoevropskim jezicima. U sanskritu označava savetnika, a u grčkom znači misliti. Ujedno je i ime mitskog lika Mentora iz Odiseje, Odisejevog prijatelja, koji je dugo godina, zajedno sa Eumejem, bio staratelj i vaspitač Odisejevog i Penelopinog sina Telemaha [66].

Zavisno od oblasti u kojoj se upotrebljava, pojam mentorstva ima više određenja. Bez obzira na oblast, osnovni zadatak svakog mentora je da pobudi želju za učenjem, da usmerava, unapredi i savetuje na osnovu svojih znanja i iskustava. U obrazovanju, uloga nastavnika se u velikoj meri podudara sa ulogom mentora. Svaka posebna oblast u kojoj postoji uloga mentora ima svoja dodatna određenja i posebnosti [67, 68, p. [Mentoring](#)]. U oblasti računarstva, programiranja i informacionih tehnologija, mentorstvo se najčešće sreće kao pojam nakon završenog obrazovanja. Tu ulogu imaju starije kolege koje rade u istoj oblasti i koje su zadužene, sporazumno ili ugovorom, da uvode u posao nove zaposlene [69]. Postupci i načini kojima mentori obavljaju svoje dužnosti su u saglasnosti sa ustanovljenim opštim načelima mentorstva, u smislu da oni savetuju, usmeravaju, bude želju za usavršavanjem i radom, ali takođe čine i oslonac, jer pružaju neposrednu pomoć u rešavanju teških zadataka, onda kada učenik nije u stanju da zadatak reši samostalno ili kada mentor uvidi da je neophodno da pruži pomoć pokazivanjem, na sopstvenom primeru, kako zadatak može da se reši. Dobar mentor ne ume samo da reši težak zadatak sa kojim se mladi kolega susreće, da bi mu pokazao kako ta vrsta zadataka može da se reši, već ume postupno da objasni način razmišljanja kojim se vodi dok raščlanjuje postavku zadatka, utvrđuje korake njegovog rešavanja i, kada je u pitanju oblast računarstva i programiranja, kako da napiše izvorni kod kojim se takav zadatak rešava, uz korišćenje svih primera dobre prakse i propisanih smernica za ispravan kod [70, 71].

2.2.3 Učenje u timu - saradnja

Savremeno strukovno obrazovanje je uređeno tako da je njegov osnovni proizvod stručna radna snaga koja može da zadovolji potrebe tržišta. Računarstvo kao oblast je posebno u tom smislu da se u njemu dešavaju promene brzinom koja nije zabeležena od uspostavljanja savremenog načina obrazovanja. Neprestano usavršavanje tehnologija stvara potrebu za stalnim usavršavanjem obrazovanja. Istovremeno, rast složenosti sistema koji se koriste u oblasti informacionih tehnologija i računarstva je umanjio značaj pojedinaca i zamenio potrebu za pojedinačnim radnim mestima potrebom za skupinom radnika koji sarađuju kao celina sa istim ciljem, a koji svojom saradnjom doprinose ličnom i zajedničkom poslovnom uspehu preduzeća za koje rade.

Upravo timski pristup radu u oblastima informacionih tehnologija omogućava savladavanje složenih izazova, razvoj i upravljanje složenim informacionim sistema [72]. Podela rada i povećanje odgovornosti zaposlenih u preduzeću se razlikuje u odnosu na način upravljanja nasleđen iz industrijske ekonomije i proizvodnje.

Kod uobičajenog pristupa vođenju preduzeća, najčešće se odgovornost za greške i neuspehe ne prenosi hijerarhijski od radnika do upravnika, već ostaje na nižim položajima, odnosno spada na radnike. To se primećuje čak i kada odgovornost jasno leži na upravi, prema pravilnicima i uspostavljenom starešinstvu [73]. U tako postavljenim ustanovama i preduzećima, odgovornost se utvrđuje pojedinačno i to dovodi do umanjene spremnosti radnika da delaju samostalno i smelo iz straha da ishodi njihovog istupanja iz propisanih i traženih okvira ne donesu posledice po njihov položaj u preduzeću. Upravo svrstavanje više zaposlenih u tim koji zajedno preuzima odgovornost za svoj rad i delovanje unutar uspostavljene hijerarhije preduzeća, obezbeđuje osećaj sigurnosti i smanjuje strah od posledica, što pomaže u stvaranju volje i želje da se svaki pojedinac u timu osmeli da postigne više nego što se traži, čime doprinosi uspehu svog tima, ali i preduzeća. Drugi način da se postigne ovakvo ponašanje zaposlenih je smanjenjem broja hijerarhijskih stepeni, tj. plitke strukture unutar preduzeća [73]. Kako uprave preduzeća sve više primećuju potrebu za ovom vrstom promena, kao i za udruživanjem zaposlenih u timove sa zajedničkim ciljem, javlja se potreba za pravovremenim obrazovanjem zaposlenih i njihovu pripremu da deluju u okvirima takvih udruženih skupina. Ovakve promene nije moguće sprovesti u kratkom roku, te se priprema zaposlenih za rad u timu mora započeti što je ranije moguće.

Obrazovanje je prepoznalo potrebu tržišta da pripremi buduće radnike za ovaj način poslovanja. Zbog toga je uvelo u postupak obrazovanja učenje u timu kroz saradnju. Time postiže nekoliko međusobno povezanih ciljeva. Osnovni cilj je priprema studenata za budući rad u timskom okruženju, dok se ostali ciljevi vezuju za samo obrazovanje u smislu da će studenti, bilo da rade samostalno ili da sarađuju, svakako učiti i usavršavati svoja znanja, ali će posebno radom u timu pojačavati ishode i jednog i drugog cilja, tj. osim što će učiti gradivo koje je predviđeno, učiće i da sarađuju i da deluju kao jedan tim [74]. Učenje u timu se sprovodi na više načina i razlikuje se zavisno od oblasti i predmeta koji se obrađuje u nastavnom postupku [75].

Veliki broj izazova koji su u počecima primene ovog vida obrazovanja postojali su u sadašnjem vremenu prevaziđeni. Razmena informacija je skoro trenutna i neograničena. Time se olakšava komunikacija studenata koji rade timski sa ciljem rešavanja školskih zadataka [76]. Ovaj vid učenja je u velikoj meri zastupljen u oblasti računarstva i informacionih tehnologija, a posebno na stručnim programerskim predmetima.

Saradničko učenje u timu obezbeđuje prednosti koje se ogledaju u tome da učenici jednim delom gradivo savladavaju samostalno, a kada jedan od članova tima ne može da savlada ili razume određeni deo gradiva, ostali članovi tima taj deo pojašnjavaju. Na ovaj način učenik lakše savladava gradivo uz pomoć svojih članova tima, stiče iskustvo u radu u timu, oslobađa se straha i lakše priznaje kada nešto ne razume. Posebno ovima otvara mogućnosti za pomoć svojih saradnika. Članovi tima koji brže napreduju pomažu drugim članovima da postignu ciljeve i nauče, dok ovi ne zaostaju u onoj meri kao kada bi samostalno učili. Jača se veza između članova tima, koja pomaže i u rastru društvenih sposobnosti i znanja učenika [77]. Osim toga, kod članova tima koji prenose stečeno znanje i pojašnjavaju gradivo svojim saradnicima u timu, razvija se sposobnost jasnog izražavanja i prenošenja znanja [78].

Iako se deo posla prenošenja znanja i upućivanja u gradivo umanjuje nastavniku, to ne znači da se umanjuje odgovornost koju ima. Nastavnik i dalje ima ulogu ispitivača i mora da izvrši proveru znanja sa ciljem ocenjivanja stepena usvojenih znanja i stečenih radnih veština učenika i studenata.

Zavisno od načina na koji je bilo sprovedeno učenje u timu, nastavnik i dalje treba pojedinačno da proveri znanja učenika. Ako je tim radio jedan zadatak, gde nije moguće utvrditi odgovornost za pojedinačne delove, nastavnik mora da primeni druge postupke ocenjivanja. S obzirom na to da ovo istraživanje ne ulazi u pitanja didaktike i ne obuhvata studiju slučaja timskog rada, načini ocenjivanja rešenja zajedničkih radova studenata, koji su ih izrađivali u timu, nisu obrađivani i daljem tekstu.

3 Nastavna sredstva

Nastavna sredstva mogu imati oblike slikovnih, zvučnih, tekstualnih i drugih, razvrstanih prema sredstvu prenošenja informacija [79]. Svakako, jedno od tradicionalnih nastavnih sredstava jeste knjiga, koja se najčešće nalazi u obliku stručne literature. Knjiga je do pojave računara, ali i godinama nakon što su računari postali naveliko dostupni, korišćena kao osnovno nastavno sredstvo i izvor znanja. Prednost knjige se odražavala u tome što su dostupne u svakom trenutku, mogu da se koriste svuda i lako se održavaju. U nastavi, u oblasti računarstva i informatike, kao nastavno sredstvo, ali i nastavno pomagalo, koriste se kako računari, tako i drugi uređaji. Računari se smatraju za korisna nastavna pomagala, ako su primenjena na adekvatan način [80]. Dugo vremena, računari nisu umanjivali značaj knjige. Međutim, od kako postoji mogućnost da budu stalno povezani na Internet, od kako su prenosivi i od kako je upravljanje prenosivim računarima postalo prirodno i lako, u velikoj meri su potisnuli knjige kao osnovno nastavno sredstvo. Računari kroz svoj softver nude znatno više mogućnosti u smislu načina na koji znanje može da bude predstavljeno. Sadržaj knjige je statičan, predstavljen u dve dimenzije, linearan i vrlo često štampan crno-belo [81]. Sa druge strane, računari mogu da ponude dinamičan sadržaj koji je prilagođen, oslikan, ali i animiran, sa pratećim sadržajima u obliku zvuka i slike [82]. Sadržaji dostupni preko Interneta se lako mogu osavremenjavati i dopunjavati novim činjenicama i saznanjima, u cilju boljeg prenošenja znanja iz raznih oblasti [83].

O ovom poglavlju, sačinjen je pregled didaktičkih sredstava nastavnog rada koji se koriste u obrazovanju u oblasti računarstva i informatike.

3.1 Nastavna sredstva i pomagala prvog reda

Bez obzira na oblik, za osnovno didaktičko ³ nastavno sredstvo koje se koristi u obrazovno-vaspitnom radu za sticanje znanja i veština, smatra se udžbenik [84]. Udžbenici, u širem obliku knjige, tj. stručna literatura i druge publikacije, smatraju se nastavnim sredstvima [85]. Postupci utvrđivanja činjenica, koji se koriste u naučnom i tehnološkom polju obrazovanja, koje se, između ostalih, bave obrazovanjem u oblasti prirodnih nauka, a posebno matematike, informatike i elektrotehnike, propisuju pristupe i načine, među čijim sastavnim postupcima je upotreba udžbenika [86]. Udžbenici mogu da budu štampani ili elektronski. Savremeno obrazovanje u sve većoj meri stavlja učenicima na raspolaganje udžbenike u elektronskom obliku.

3.2 Fizička i virtualna nastavna sredstva

Kao što je istaknuto, udžbenik se smatra za osnovno didaktičko nastavno sredstvo, bez obzira na oblik, a posebno na sredstvo čuvanja sadržaja [84]. Tradicionalni oblici udžbenika su knjige, tj. sredstvo čuvanja sadržaja je papir. Savremeni oblici podržavaju prenošenje sadržaja iz tradicionalnih oblika i sredstava čuvanja u savremene, elektronske oblike. Uticaj globalne digitalizacije se odražava i na oblast obrazovanja i postoje pokazatelji da će u budućnosti štampani udžbenik nastaviti da postoji uporedo sa njegovim novijim, elektronskim, oblikom.

Bez obzira na to kojem stepenu obrazovanja je udžbenik namenjen, on podleže propisima valjanosti. Regulativa predviđa vrste nastavnih sredstava i one podležu propisima valjanosti [87]. Funkcije i određenja koje važe za udžbenik, važe i za elektronski udžbenik [88]. Međutim, elektronskom udžbeniku su na raspolaganju mogućnosti koje pruža računarski softver, koji je podržan sve naprednijim računarskim hardverom. Kao sredstvo čuvanja i prenosa sadržaja udžbenika, papir njih ne može da prevaziđe [89]. Ako se usvoji da nastavno sredstvo može biti bilo šta što je proizvedeno i namenjeno nastavi [90], moguće je udaljiti se od razmatranja nastavnih sredstava ustaljenim pristupom, poput udžbenika i knjiga, pa makar oni bili u elektronskom obliku. Tada je moguće smatrati i druge savremene primere sredstava koje se sve učestalije upotrebljavaju u obrazovanju kao nastavna sredstva.

Svakako, jedno od najprilagodljivijih sredstava koje se sve češće koristi u nastavi jeste računar. Računari, a posebno računarski softver, dopuštaju pravljenje sadržaja koji je dinamičan, angažovan, približen zanimanjima pojedinaca i koji koristi razne pristupe prenošenju znanja koji nastavnim sredstvima prvog reda nisu raspoloživa, kao što su interaktivni multimedijalni sadržaji, zvučni zapisi, video zapisi, trodimenzionalni interaktivni modeli, virtualna stvarnost, proširena stvarnost itd. Ovi elementi nastavnih sredstava mogu da budu uključeni i u druge svrhe u obrazovanju.

3.3 Nastavna sredstva za vođeno učenje

Nastavna sredstva koja se koriste u toku obrazovanja se razlikuju po načinu upotrebe, izrade, opažanja i po nameni [90]. Među ovim sredstvima, ističu se ona koja su namenjena za vođeno učenje, koja dopunjuju nastavu putem predavanja, u kojima nastavnik iznosi činjenice i neposredno navodi način usvajanja gradiva kod učenika i studenata. U tom postupku, koristi se podskup nastavnih sredstava čija namena je da neposredno podrže ovaj vid učenja. Vođeno učenje, nasuprot otvorenom učenju i učenju putem otkrića, često dovodi do slučaja u kojem se nastavna sredstva koriste isključivo tokom školskog časa, nakon čega se odlažu do narednog predavanja. Na ovaj način, učenicima i studentima je nametnut tempo koji određuje ukupno vreme koliko nastavno sredstvo mogu da koriste. Kada učenici i studenti ne mogu da postignu da istom brzinom usvoje i razumeju lekciju kroz upotrebu nastavnog sredstva, pravi se razlika u stepenu usvajanja gradiva. Ovo ukazuje na neuspešnost didaktičkog postupka i dovodi u pitanje opravdanost upotrebe ovakvih postupaka i sredstava za vođeno učenje koje, jer ona ne ostavljaju prostor za prilagođavanje potrebama pojedinih učenika i studenata.

3.4 Nastavna sredstva za otvoreno učenje

U cilju prevazilaženja ograničenja upotrebe nastavnih sredstava za vođeno učenje, kao i u cilju otvaranja novih mogućnosti, upotrebom savremenih didaktičkih materijala i nastavnih sredstava, kao što su računar i računarski softver, omogućava se otvoreno učenje. Za otvoreno učenje se može dokazati da podržava učenje putem otkrića [91].

Ovim oblikom učenja, primenom aktivnosti koje podržavaju upotrebu posebno spremljenih nastavnih sredstava, podstiče se istraživanje, spontanost i primena nastavnih sredstava na način i u trajanju koje je pojedincima potrebna kako bi savladali gradivo. Upotreba savremenih tehnologija u pripremi i stavljanju na raspolaganje ove vrsta nastavnih sredstava je prednost, jer omogućava neuporedivo veći stepen prilagođenosti sadržaja, kao i način pristupa tim materijalima. Pojam pismenost obuhvata funkcionalnu, medijsku, digitalnu i informacionu pismenost [92].

Prema tome, može se pretpostaviti neophodnost digitalne i informacione pismenosti kada se stavlja u upotrebu u nastavi ovu vrstu nastavnih sredstava. Ova pretpostavka se može smatrati zadovoljenom, na osnovu istraživanja koje pokazuje da učenici i studenti mogu da koriste svoje lične računare ili prenosive uređaje tako da se sa njima dobro snalaze i da im je njihova upotreba prirodna [93, 94]. Otuda se otvara prostor za uvođenje drugačijih zamisli nastave, kao npr. zamisao izokrenute učionice. Ovaj pristup je preduzimljiv i podrazumeva da se primenjuje otvoreno učenje. Međutim, učenje može da bude usmereno u tom pravcu da se primenjuje oblik nastave i učenja koji je sličan vođenom učenju kroz istraživanje [95]. U tom smislu, učenici i studenti se unapred spremaju za čas samostalnim istraživanjem oblasti kroz upotrebu nastavnih sredstava za otvoreno učenje, ali i nastavnih sredstava prvog reda [96].

Ovom postupku učenja pristupaju samostalno ili u manjim grupama, sačinjenim samostalno, a često koriste savremena sredstva kao što su računari, računarski softver i drugi materijali koji su dostupni u elektronskom obliku preko Interneta. Na ovaj način, učenici i studenti su spremni da se uključe u raspravu na času, da postavljaju pitanja i da produbljuju znanje i razumevanje oblasti više nego što bi to bilo moguće korišćenjem tradicionalnog pristupa učenju na času.

Upotreba savremenih računarskih i informacionih tehnologija je u velikoj meri podrška ovom vidu nastave. Kroz interaktivne, savremene i zabavne materijale, kakve je lakše ostvariti ovim tehnologijama nego tradicionalnim sredstvima, učenike i studente je lakše ohrabriti da sarađuju i da se uključe u rad skoro svih delova časova [97].

3.5 Izvori uređenog znanja – dokumentacija

Kada se posmatraju nastavna sredstva za obrazovanje u oblasti računarstva, elektrotehnike i informacionih tehnologija, sa posebnim osvrtom na programiranje i srodne oblasti, ta sredstva su neretko u obliku dokumentacije. Dokumentacija u tom obliku predstavlja izvor uređenog znanja o hardveru, softveru, delovima, sistemu, alatu ili tehnologiji koju pokriva. Zvanična dokumentacija nije uvek polazna tačka studentima programiranja. Dokumentaciji određene tehnologije se okreću kada ne mogu da pronađu odgovore na svoja pitanja u drugim izvorima znanja, bilo da su u pitanju zvanični izvori ili društvena mreža okupljena oko zajedničkih interesovanja itd. Iako se često savetuje upotreba dokumentacije tokom učenja, ovaj oblik izvora uređenog znanja nije dovoljan za sveobuhvatno učenje određene teme iz ovih oblasti. Obezbeđivanje jasne dokumentacije može učiniti ovaj izvor znanja nedvosmisleno važnim za upotrebu za učenje [98]. Često nepostojanje provere tačnosti i primene propisa za izradu takve vrste dokumentacije, na način na koji bi je približila početnicima, ali i stručnjacima, u velikoj meri otežava savladavanje određenih tehnologija, softvera, hardvera i alata koji su predmet dokumentacije [99]. S obzirom na to da svaki softverski alat, hardverski sklop i drugi vid tehnologije u oblasti elektrotehnike, elektronike, računarstva i informacionih tehnologija najčešće ima svoju posvećenu dokumentaciju, bilo da je u pitanju javno dostupan dokument u obliku veb sajta ili dokumentacija dostupna u drugom obliku, nije moguće napraviti uopšteni pregled ove vrste izvora znanja. Bez obzira na to, stručni korisnici ovih izvora, ali i učenici i studenti, u toku obrazovanja treba često da se služe ovim oblicima uređenog znanja.

Posebno u oblasti razvoja softvera, ovi izvori znanja su najčešće javno dostupni u obliku veb sajtova ili elektronskih dokumenata. U njima su, pored opštih informacija, često predstavljeni primeri upotrebe određenih alata, tehnologija, funkcija i gradivnih činilaca programskih jezika. Ovaj oblik izvora znanja je lak za korišćenje. Moguće je pretraživati članke na osnovu pojmova i ključnih reči, ali koristiti uvezane izvore kao vid literature za vođeno učenje i proširivanje sopstvenih znanja iz dokumentovane oblasti.

Najpoznatiji primeri ove vrste izvora znanja su oni zasnovani na novim platformama, tj. veb i mobilnoj platformi. Među njima, najčešće se pominju i koriste *Mozilla Web Docs* [100] (prethodno poznat kao *Mozilla Developer Network* - skraćeno *MDN*) za oblast veb tehnologija, *Android Developer Documentation* [101], koji je sastavni deo *Google Developers* mreže [102] itd.

S obzirom na to da je većina ovakvih izvora javno dostupna, učenici i studenti će u svakom trenutku moći da ih upotrebljavaju. Istraživanje [103] pokazuje da studenti često koriste ove izvore. Upravo je to razlog zbog kojeg ovi izvori treba da se uključe u obrazovanje, a sa ciljem da se učenici i studenti upoznaju sa pravilnim načinima korišćenja ovakvih vrsta izvora u cilju njihove uspešnije primene.

3.6 Materijali proizvedeni u okviru Internet zajednice

Kao što postoje izvori uređenog znanja koji su zvanični i opšte se prihvata njihova upotrebna vrednost u obliku osnovnog ili dopunskog nastavnog sredstva u obrazovanju, postoje i nezvanični izvori znanja. Ovakvi izvori mogu da budu proizvedeni u okviru neke Internet zajednice [104]. Informacije iz ovih izvora često nisu sastavljene kao one dostupne kroz prihvaćene izvore znanja namenjenih učenju i stručnoj upotrebi [105].

Neretko, informacije dostupne u okviru materijala koji su nastali kao ishodi rada Internet zajednice su u celosti preuzete iz drugih izvora. Ove informacije su često nepromenjene, ali takođe i neproverene. Ono što može biti mana ovakvih izvora je nedostatak jasne građe i redosleda celina.

Jedna od ocena obrazovnih materijala nastalih kao ishod saradnje Internet zajednice jeste nedostatak provere tačnosti i pouzdanosti objavljenih sadržaja. Ovakve ocene postoje za razne Internet portale ove vrste. Međutim, iz obrazovnih ustanova, ovakva ocena je najčešće usmerena ka portalu Vikipedija, kao najvećem Internet spremištu znanja sačinjenog u okviru Internet zajednice [106, 107]. Međutim, istraživanje [108] u časopisu "Nature" je pokazalo da članci iz ovog izvora informacija i znanja imaju neznatno više grešaka u odnosu na tradicionalne izvore u koje istraživači obično imaju više poverenja. U tom smislu, nepoverenje nekada nije opravdano.

Kako su Internet zajednice virtualna udruženja čije celokupno delovanje je ograničeno samo na Internet i čiji članovi su često nepoznati, ili su poznati pod drugim imenima ili alijasima. Autori koji doprinose uređivanju sadržaja na ovakvim spremištima znanja, iako se uglavnom lično ne poznaju, dele ista interesovanja, struku i želju da učine svoje znanje dostupnim drugima. Ne postoji uvek jasan način za proveru tačnosti i pouzdanosti izvora znanja i podataka. Nekada nisu dostupni čak ni izvori. Zbog toga je na autorima i korisnicima ovih spremišta da izvrše svoje sopstvene provere i dodatno istraživanje, te da osavremene članke i isprave eventualne greške [109]. S obzirom na to da je ovaj postupak dobrovoljan i da u potpunosti zavisi od volje pojedinaca [110], ostaje mogućnost da članci duže vremena ostanu neispravljeni. Samim tim mogu duže vremena da prenose ne sasvim tačne informacije korisnicima tog spremišta.

Pored ove vrste spremišta članaka informativne vrste, čiji je najpoznatiji predstavnik portal Vikipedija, postoje i druge vrste portala koje nisu ustrojene u obliku enciklopedije znanja. U sferi računarskih nauka, a posebno u oblasti informacionih tehnologija i programiranja, naročite su Internet zajednice okupljene oko ideje davanja odgovora na posebna pitanja u cilju rešavanja posebnih zadataka. Ova vrsta portala radi po uzoru na portale čija načela rada se svode na postavljanje pitanja i pružanje odgovora. Ovu vrstu portala koriste i stručnjaci, ali u najvećoj meri početnici, kao i oni koji tek uče tehnologije za koje je dostupna podrška na ovakvim portalima. Korisnici portala postavljaju pitanje, uz neophodnost davanja opširnijeg smisla ili namene koda i čekaju odgovore dobrovoljaca spremnih da im pruže podršku davanjem odgovora ili smernica za rešavanje predstavljenih zadataka.

Znanja dokumentovana kroz ovaj postupak su dostupna i drugima koji se susretnu sa istim ili sličnim izazovom. Pitanja i odgovori koji su u ovakvim spremištima znanja objavljena su otvorena za dopune i pojašnjenja u vidu dodatnih odgovora. Ocenjivanje odgovora, prema njihovoj upotrebnoj vrednosti sprovode korisnici ovakvih portala. Ovaj oblik davanja podrške učenicima i početnicima je koristan, što potvrđuje i nagrada za jednog od najpoznatijih predstavnika ove vrste portala – *Stack Overflow*. Nagrada je dodeljene na osnovu glasova korisnika u kategorijama *Webby Awards 2020. godine* [111].

Međutim, postoji i veliki broj ocena usmerenih, kako na ovu posebnu Internet zajednicu i portal, tako na celu zamisao ove vrste društvenih mreža. Posebno se ističe njihova usmerenost na stručnu podršku, ali i na podršku obrazovanju početnika u oblastima računarskih nauka, programiranja i informacionih tehnologija. Najviše ocena je usmereno na negativna iskustva korisnika u pogledu komunikacije, odnosa prema korisnicima, neposrednog i posrednog vrđanja, kao i u smislu nedostatka raznolikosti i neujednačene zastupljenosti demografskih grupa u Internet zajednicama okupljenim oko ovakvih portala [58].

Na osnovu ocena [112, 113, 114, 115, 116, 117], jasno je da je umanjena upotrebljivost ove vrste portala uprkos prednostima i snagama koje imaju. Bez obzira na to, oni su javno dostupni i u velikoj meri ih koriste, kako oni koji se stručno bave poslovima u ovim oblastima, tako i učenici i studenti. Drugi primer Internet portala koji radi na sličan način je *Microsoft Q&A* [118], koji je sastavni deo portala *Microsoft Developer Network*.

Imajući u vidu upravo nemogućnost sprečavanja učenika da koriste ove izvore, postoji neophodnost njihovog obrazovanja u pogledu pravile upotrebe i opreza prilikom usvajanja i korišćenja rešenja i saveta do kojih na ovoj vrsti portala dolaze, a posebno onih koje dobijaju od Internet zajednice okupljene oko ovakvih Internet portala.

3.7 Video materijali

Audio i video tehnologije, kao što su radio i televizija, se koriste u svrhu obrazovanja duže od jednog veka. Jedan od pionira u oblasti prenosa obrazovnog video sadržaja putem radio signala je Britanska radio-difuzna korporacija (engl. *British Broadcasting Corporation* – akr. *BBC*) [119]. *BBC* je 1920. počeo sa širenjem obrazovnog programa putem radija. Sedamdesetih godina dvadesetog veka, širenje obrazovnih programa i video sadržaja putem televizije je bilo vrlo rasprostranjeno [120]. Ovaj vid deljenja video snimaka sa obrazovnim sadržajima, iako u sve široj upotrebi, imao je nedostatke. Snimljenu lekciju nije bilo moguće zaustaviti ili premotati tokom deljenja. Ukoliko su imali potrebnu tehničku opremu, učenici i studenti su morali da zapisuju video lekcije na kasete, kako bi mogli naknadno da pregledaju te zapise. Zaustavljanje televizijskog programa je bilo moguće upotrebom posebne opreme za beleženje i ponavljanje video zapisa televizijskog prenosa [121].

Unapređivanjem proizvodnje digitalnih videa, algoritama za kompresiju digitalnih video datoteka, kao i sredstava za skladištenje, deljenje, i digitalno širenje ove vrste sadržaja, ispunjeni su preduslovi za ubrzano širenje video sadržaja i putem Interneta, što se odnosilo i na obrazovne video lekcije [120]. Jedan od pionira u deljenju obrazovnih video lekcija putem Interneta je Masačusetski tehnološki institut (engl. *Massachusetts Institute of Technology* – akr. *MIT*) koji je 2002. godine, kroz svoj projekat nazvan *OpenCourseWare*, učinio dostupnim video snimke lekcija na svojim predmetima i predavanjima, besplatno svim korisnicima Interneta [120]. Ubrzo nakon toga, nastali su novi Internet portali čija osnovna namena je deljenje video snimaka. Iako se na ovim Internet portalima dele, između ostalih, i video sadržaji obrazovnog sadržaja, Internet portali posebne namene, opredeljeni isključivo za deljenje video sadržaja obrazovne vrste su skorašnja pojava. Ovakvi namenski portali su u velikom broju nastali 2020. i 2021. godine, kao odgovor na nove potrebe tržišta obrazovanja koje su nastale kao posledica pandemije bolesti *Covid-19*, izazvane virusom Korona [122, 123, 124].

Pored već pomenutog portala *OpenCourseWare*, studentima su dostupni portali poput *Coursera* [125], *edX* [125, 126], *Open Yale Courses*, *Udacity* [127], *Udemy* [127], *Khan Academy* [128, 129] itd.

Većina video sadržaja koji su izrađeni i stavljeni na raspolaganje na ovim platformama su ishod rada stručnih lica i predavača. Sami sadržaji su osmišljeni tako da prate dobro određen tok usklađen sa obrazovnim ciljevima ustanove koja stoji iza tog obrazovnog programa.

Pored video lekcija izrađenih uz stručnu pomoć i sa savremenom opremom, u oblasti računarstva i informacionih tehnologija, a posebno u oblasti programiranja računara, postaju rasprostranjeni video snimci koje izrađuju obični korisnici, često zaljubljenici u određenu oblast. Oni u ne potpuno stručnom svojstvu pristupaju objašnjavanju određenih pojmova, tehnologija i oblasti računarstva i informacionih tehnologija drugim korisnicima koji se obrazuju ili nastoje da usavrše svoja znanja u tim tehničkim oblastima [130].

Ova vrsta obrazovnih video sadržaja je često izrađena u kućnim uslovima, bez stručne opreme i bez skupocenih sredstava i stručnog znanja za video i audio obradu i proizvodnju. Ova vrsta video zapisa često nosi naziv „video tutorijali“, sa obzirom na to da se korisnik koji proizvodi tu vrstu video snimaka postavlja kao učitelj ili vodič (engl. *Tutor*). Proizvođač ovakvih video lekcija, kroz svoje lekcije, uči druge korisnike i pomaže im da razumeju i usavrše svoja znanja. Na Internetu je dostupno sve više materijala, kako u obliku tekstualnih uputstava, tako i u obliku video snimaka koji objašnjavaju drugim korisnicima kako sami da se pripreme i opreme za snimanje svojih sopstvenih video tutorijala, koje bi objavili na Internet [131, 132]. Na ovaj način se velikom brzinom umnožava građa obrazovnih sadržaja koji su besplatni, ili su za manje novčane iznose, dostupni svim korisnicima Interneta.

4 Ocenjivanje i provera znanja

Cilj ocenjivanja je vrednovanje obrazovnih postignuća učenika. Ono se sprovodi postupkom provere znanja i predstavlja njegov konačan ishod. Provera znanja predstavlja utvrđivanje stepena usvojenih teorijskih znanja ili stepena stečenih veština u oblasti kojom se bavi predmet obrazovanja. U savremenom obrazovanju, ocenjivanje je pristup koji je uređen zakonima i pravilnicima zemalja u kojima se koristi kao sastavni deo obrazovanja [133].

Zavisno od stepena obrazovanja u kojem se ocenjivanje primenjuje, pravi se razlika u načinima na koje se vrednuju postignuća na predmetima kroz koje se sprovodi obrazovanje, zavisno od toga da li su oni obavezni ili su izborni, kao i od toga da li predstavljaju ocene vladanja ili neke druge delove od značaja u obrazovnom postupku [134, 135].

U ocenjivanju obrazovnih postignuća, sastavni deo je određivanje vrednosti stečene ocene. Vrednost stečene ocene može da bude izračunata na osnovu ocena posebnih delova, od kojih svaki predstavlja vrednost ocene obrazovnih postignuća za pojedinačne celine, tj. gradivo, a može biti izračunata i na neki drugi propisani način. Ukupna ocena se izražava kao vrednost iz konačnog skupa pojedinačnih mogućih vrednosti ocena. Određivanje skupa takvih vrednosti i njihovo značenje se razlikuje od zemlje do zemlje, kao i od stepena obrazovanja u kojem se primenjuje, čak i u okvirima istog obrazovnog sistema jedne zemlje.

U nekim državama i njihovim obrazovnim ustanovama, kao vrednosti za ocene se koriste brojčane vrednosti, u opsegu od 1 do 5, gde je 1 najniža, a 5 najviša ocena. Ovo je slučaj u osnovnom i srednjem obrazovanju u bivšim jugoslovenskim republikama [136, 137]. U Nemačkoj, npr. u okviru osnovnog, ali i visokog stepena obrazovanja za ocene koriste vrednosti u opsegu od 1 do 6, gde ocena 1 ima najveći vrednost, a ocena 6 najnižu, a u okviru srednjeg obrazovanja vrednosti od 0 do 15, s tim da je ocena 0 najniža, a ocena 15 najviša [138]. U Kini se koristi nekoliko sistema istovremeno, izražene u vrednostima od 0 do 100 bodova, ali se vrednosti prevode i obeležavaju slovima alfabeta od A do D ili od A do F [139]. SAD koriste sistem vrednosti u opsegu od 0 do 100 bodova, koji se prevode i izražavaju slovima abecede od A do F, uz dodatak još nekoliko pojedinačnih oznaka za posebne ocene, kao što su oznake plus (+) i minus (-) [140].

Osim same vrednosti kojom se označava stepen usvojenih znanja ili stečenih veština, važan deo postupka ocenjivanja jeste način provere znanja, kao prethodnica postupku ocenjivanja, koje predstavlja samo utvrđivanje konačne vrednosti kojom se izražava ishod provere. Postoji veliki broj načina i alata koji pomažu u proveru usvojenog znanja i stečenih veština. Neki su prilagođeni oblastima u kojima se primenjuju, dok su drugi opšti i mogu da se primene u svakoj oblasti, uz manje ili više prilagođavanja. Provere mogu da budu neposredne i posredne, zavisno od postupaka i alata koji se koriste [141].

Izuzev postupka utvrđivanja usvojenog znanja, u nekim oblastima i provera stepena stečenih veština ulazi u postupak ocenjivanja. Oblasti u kojima je ovaj vid provere neophodan, pre nego što može da bude data ocena, su računarske nauke i informatika i računarstvo. Posebno, među njima, ovo se odnosi na programiranje i predmete koji su slični programiranju, u smislu da zahtevaju rešavanje radnih zadataka kodiranjem ili upotrebom drugih formalnih jezika [142]. Ocenjivanje u stručnom obrazovanju nekada zahteva posebne postupke. U takvim slučajevima, propisuju se pravilnici ili uputstva za dobro postupanje [143]. Načini ocenjivanja znanja i utvrđivanja stepena stečenih veština se i dalje razvijaju i usavršavaju u oblasti računarskih nauka i informacionih tehnologija.

4.1 Provera znanja u oblasti računarstva

O obrazovanju u oblastima računarstva i informacionih tehnologija, ulogu ispitivača često na sebe preuzimaju nastavnici, koji osim predstavljanja teorijskih osnova, učenicima predstavljaju stručne delove oblasti kroz radne zadatke koje zajedno sa učenicima rešavaju. Tako učenici stiču potrebne radne veštine.

30 Međutim, učenje nije uvek neposredno vezano za ocenjivanje koje sledi nakon provere znanja. S obzirom na to da su računarstvo, a posebno informacione tehnologije i programiranje, struke koja je od velikog značaja za redovan rad velikog broja povezanih savremenih usluga, često je neophodna potvrda date ocene stepena usvojenih znanja, a posebno stečenih radnih veština.

U školskom radu, nastavnici imaju ulogu koja im omogućava da vrše proveru znanja i ocenjivanje koje je sastavni deo postupka unutar ustanove u kojoj drže nastavu. Njihove ocene mogu da posluže za akademsko napredovanje unutar studijskog programa ustanove. Međutim, za napredovanje u stručnom okruženju, izvan akademskog, često su neophodne ocene i potvrde izdate od strane nezavisnih ustanova koje se bave ispitivanjem stručnjaka u posebnim granama ove oblasti.

5 Bez obzira na to da li se provera znanja u oblasti računarstva sprovodi u akademskim ili stručnim okvirima, postupci i načini provere znanja su često veoma slični. U najvećem broju slučajeva, akademske provere znanja preuzimaju postupke i načine koje propisuje struka i koje se koriste u stručnim okvirima. Samim tim, akademske provere znanja, osim svoje svrhe za obezbeđivanje načina za akademsko napredovanje, predstavljaju korisnu pripremu polaznika za tržište rada i za stručne provere znanja kojima će biti podvrgnut nakon studija. Stepen složenosti radnih zadataka u okvirima akademske provere znanja je niži od složenosti radnih zadataka i stručnog testiranja u preduzećima ili ustanovama koje vrše proveru znanja ispitanika za radna mesta [144, 145].

Provera znanja u računarstvu i u informacionim tehnologijama se najčešće sprovodi na tri načina, zavisno od oblasti i zavisno od toga da li je potrebno da se vrši provera stepena usvojenih znanja ili stepena stečenih veština rešavanjem radnih zadataka nasleđenim iz struke. U nastavku su obrađena tri najčešća oblika provere znanja.

4.1.1 Rešenje sastavljenog testa

U cilju provere usvojenog znanja i provere stečenih radnih veština, u oblasti računarstva se koriste testovi. Na osnovu rešenja testova se donosi ocena stepena usvojenog znanja. Međutim, uz pripremu pitanja na poseban način, moguće je koristiti testove i za proveru i ocenjivanje stepena stečenih radnih veština. Tada se njihovim rešavanjem proveru stečenih radnih veština vršiti posredno. Ovaj oblik testova podrazumeva da se kroz postavku pitanja, tekstom, slikom ili na drugi način, predstavi stvaran slučaj kakav bi bio predstavljen studentu u okviru radnog zadatka, na koji se očekuje od studenta da zna da odgovori, samo ukoliko bi takav zadatak znao da reši primenom stečenih radnih veština iz oblasti za koju se proveru vrši. Odgovor koji student daje može da bude otvorene ili zatvorene vrste, s tim da se kod zatvorene vrste može koristiti nekoliko načina unosa tačnog odgovora, zavisno od vrste pitanja. Pitanja mogu imati ponuđene odgovore, gde se od studenta očekuje da obeleži jedan ili više tačnih odgovora.

Povećanjem broja ponuđenih odgovora, ali i broja tačnih odgovora među ponuđenim, umanjuje se verovatnoća slučajnog izbora tačnog odgovora i dobijanja nepouzdanog ishoda provere znanja, a samim tim i ocene. Drugi vidovi unosa odgovora kod pitanja zatvorene vrste mogu biti spajanje dve strane u spisku delova odgovora, promena redosleda odgovora tako da budu poredani u ispravnom poretku, zavisno od postavke pitanja itd.

Bez obzira na vrstu pitanja, ishod ocenjivanja treba da ukaže na stepen stečenih radnih veština koje su ustanovljene posredno. Konačna ocena testa treba da bude razmatrana obazrivo, jer je u rešavanju testova moguće da se studenti služe nedozvoljenim sredstvima i postupcima koji obesmišljavaju svrhu testa, jer omogućavaju studentima da na testu steknu veće ocene nego što zaslužuju, s obzirom na to da one ne proizilaze iz njihovog znanja.

Iako su testovi česti oblik provere znanja, a među njima su najčešći oblici pitanja sa ponuđenim odgovorima, ishodi ocenjivanja pomoću testova u oblastima računarstva i informacionih tehnologija ne treba da budu visoko vrednovani u obračunu konačne ocene. Testove prvenstveno treba koristiti za ocenjivanje usvojenih znanja. Za ocenu stepena stečenih radnih veština potrebno je koristiti postupke za neposredno merenje i ocenjivanje, kao što je rešavanje radnog zadatka.

4.1.2 Rešenje radnog zadatka

Za razliku od testova, koji su pogodni za utvrđivanje usvojenih znanja, u računarstvu je neophodno vršiti proveru stepena stečenih radnih veština. Testovi nisu pogodni za ovu vrstu provere, jer se potrebne provere sprovode posredno. Neposredni postupci merenja podrazumevaju da studenti rešavaju radne zadatke za koje moraju da primene svoje stečene radne veštine. Vremensko ograničenje i nadgledanje rada u elektronskim učiniocima u kojima se vrši ispitivanje omogućavaju da se svim studentima omoguće isti uslovi za rad.

Treba obratiti pažnju na to da u slučaju posebnih potreba studenata koji imaju poteškoća koje im onemogućavaju da podjednako brzo upravljaju sredstvima za rad, tj. računarom, knjigama i dodanim materijalima za rad. Ujednačeni uslovi, uz opravdana prilagođavanja, omogućavaju ujednačene mogućnosti za postizanje najvećeg učinka svakog studenta, a određivanje tačnog vremenskog ograničenja je zadatak ispitivača koji postavlja zadatak. Zadavanjem istog zadatka svim studentima koje u nekom trenutku ispituje, ispitivač dodatno obezbeđuje umanjene promenljivosti uslova za rad i obezbeđuje pravičnije ocenjivanje. U obrazovanju u računarstvu, a posebno na predmetima iz programiranja, postupak provere stepena stečenih radnih veština rešavanjem radnog zadatka je u najvećoj meri zastupljen. Njime se student stavlja u najpribližnije okolnosti u kojima će se naći u radnom okruženju. Svakako, stepen složenosti radnih zadataka u okvirima akademske provere znanja je neuporedivo niži u odnosu na stepen složenosti radnih zadataka sa kojima će se student u radu susretati. Bez obzira na to, ovaj vid provere veština omogućava ispitivaču da sagleda napredak studenata u svim oblastima koje obuhvata predmet, jer postavka radnog zadatka može da bude osmišljena tako da za njegovo rešenje student mora da primeni sve naučene delove iz oblasti koje obuhvata predmet ili deo predmeta za koji se vrši provera znanja i ocenjivanje.

Zbog ograničenog vremena za rad, često su dati jasno određeni zahtevi zadataka i navođenje studenta da koristi određene pristupe njegovom rešavanju. To u nekoj meri umanjuje mogućnosti tačne procene stepena stečene veštine za samostalno utvrđivanje pogodnih načina za rešavanje zadatka. Zato se može koristiti način koji dozvoljava duži vremenski okvir za rešavanje zadatka, a sa druge strane, obezbeđuje i veću slobodu u izboru načina rešavanja zadatka.

4.1.3 Izrada rešenja složenog zadatka

U slučajevima kada sastavljeni testovi i rešavanje radnih zadataka, sa ograničenim vremenom i nadzorom u radu, ne mogu da obezbede pouzdano utvrđivanje stepena stečenih radnih veština, moguće je promeniti postupak koji podrazumeva izradu rešenja složenog zadatka, tj. projektnog zadatka. Izradom rešenja složenog zadatka, odnosno projekta, studentu se stavlja na raspolaganje više vremena za rad, sloboda da zadatak rešava samostalno, kod kuće, bez neposrednog ili posrednog nadzora ispitivača, uz ograničenu slobodu izbora načina rešavanja zadatka, u granicama propisanih okvira predmeta i da u rešavanju zadatka primeni sva svoja usvojena znanja i stečene radne veštine.

Zato, ovaj postupak omogućava, ne samo proveru stepena usvojenog znanja, već i stepen stečenih radnih veština, istovremeno. Zahtevi dati u postavci zadatka su često znatno obimniji u odnosu na radne zadatke koji se rešavaju u elektronskim učionicama, pod neposrednim nadzorom ispitivača. Ova dodatna složenost je jedan od osnovnih razloga za produženje dopuštenog vremena za izradu rešenja, ali i izvor dodatnih mogućnosti za temeljnu proveru u okviru sastavnog dela ovog postupka provere, koji predstavlja usmenu odbranu priloženog rešenja.

S obzirom na to da se izrada rešenja ovakvog zadatka dešava izvan nadzora ispitivača, postoji mogućnost korišćenja nedozvoljenih sredstava i postupaka u izradi rešenja zadatka. Upotreba nastavnih sredstava, kao što su knjiga, dokumentacija, video snimci i td. najčešće nije zabranjena, već se preporučuje.

Međutim, iako korišćenje svih ovih nastavnih sredstava i izvora znanja nije zabranjena i ne smatra se za korišćenje nedozvoljenih sredstava u radu, nedozvoljenim postupcima se smatra da drugo lice izradi rešenje zadatka za studenta. Ispitivačima je na raspolaganju postupak odbrane priloženog rešenja, koji se koristi i za utvrđivanje da li je došlo do nedozvoljenih postupanja u rešavanju rada i za dodatnu proveru usvojenih znanja i stečenih radnih veština studenta, koja mogu da budu sastavni deo ocenjivanja, izvan ocene samog dostavljenog rešenja. Neophodno je da usmena odbrana bude strogo propisana i da postoje jasna merila pomoću kojih ispitivač utvrđuje sve delove postupka provere i ocenjivanja koje su sastavni deo odbrane i da ih izdvoji od merila koja proizilaze iz pregledanja priloženog rešenja. Ovaj način provere znanja zahteva najveći angažman i studenta i nastavnika.

4.2 Obezbeđivanje nepristrasnog ocenjivanja

Obrazovne ustanove donose sopstvene odluke kojima propisuju načela nepristrasnosti u postupku ocenjivanja studenata. Obrazovni sistem se oslanja na načela nepristrasnosti kao jedno od najvažnijih u svom radu, jer je njegov cilj da obezbedi pravedno, celovito i temeljno utvrđivanje stepena usvojenih znanja i stečeni veština. Zbog toga je neophodno donošenje jasno određenih postupaka kojima se vode nastavnici kada sprovede ocenjivanje.

159
Neophodnost nepristrasnog ocenjivanja se ogleda u tome da se na taj način uvećava vrednost obrazovnog sistema, obezbeđuje se mogućnost provere svih radova, testova, postignuća i ukupnog ishoda obrazovanja svakog učenika. Na taj način se ne povećava samo vrednost obrazovanja iz ugla učenika, već i vrednost celokupnog obrazovnog sistema jedne države. Nepristrasnost u ocenjivanju obezbeđuje međusobno uvažavanje ishoda rada studenata, ali i nastavnika. Ono utvrđuje njihovu akademsku besprekornost.

4.3 Ručno ocenjivanje rešenja

Tradicionalno, u obrazovanju, nastavnici su zaduženi i za prenošenje znanja i za utvrđivanje stepena stečenih znanja učenika i studenata. Bilo da im je nepristrasnost u ocenjivanju nametnuta kao obaveza ili iz verovanja da je to vrlina koju sami smatraju za ličnu dužnost, ona je svakako potrebna da bi se obezbedilo pravedno i tačno ocenjivanje.

Opasnosti po obezbeđivanje nepristrasnog ocenjivanja su, između ostalih: diskriminacija, neujednačen odnos do kojeg dolazi nepravednim izdvajanjem i uvažavanjem jedne grupe studenata u odnosu na drugu, neopravdana promenljivost merila ocenjivanja radnih učinaka itd.

Nastavnik koji zadužen za sprovođenje postupka ocenjivanja je jedinstveno mesto izvora navedenim opasnostima po nepristrasnost.

Izuzev kaznenih mera, koje mogu da budu zaprećene kao mera doneta u cilju poništavanja navedenih opasnosti po nepristrasnost ocenjivanja, nameće se kao mogućnost potpuno uklanjanje izvora tih opasnosti, tj. uklanjanje nastavnika iz dela postupka ocenjivanja stepena stečenih znanja i veština. U ovakvom rešenju, nastavnik bi bio zadužen za oblikovanje testova kojima bi se utvrđivali stepeni stečenih znanja i veština, ali bi bio izuzet iz njihove primene. Ovako se obezbeđuje da se isti koraci u postupku ocenjivanja primene na sve studente na isti način. Ovo je moguće uvođenjem automatizovanog ocenjivanja. U postupku ručnog ocenjivanja radova, važno je da se postave jasni okviri za njihovo ocenjivanje, odnosno da se koristi pristup kao kod uobičajenih testova znanja, gde se ocenjivanje sprovodi u potpunosti na osnovu priloženog rada i njegove usklađenosti za postavljenim zahtevima, a ne na osnovu nestandardnih načina ocenjivanja, gde se pregledač oslanja na osećaj ili na drugi način proizvoljno ili okvirno vrši ocenjivanje učinka. Nepristrasna ocenjivanja su jedna od opasnosti kod ručnog ocenjivanja [146].

4.4 Automatizovano ocenjivanje rešenja

Pomenuti nedostaci ručnog ocenjivanja rešenja, u smislu uspešnosti i ujednačenosti merila tog pristupa, otvaraju prostor za uvođenje pristupa kod kojeg softver automatski vrši ocenjivanje rešenja radnog zadatka. Ovaj pristup podrazumeva postojanje obrasca za ocenjivanje koji može da bude automatizovan. Automatizovano ocenjivanje rešenja zadataka može da se koristi u slučajevima kada je potrebno da se pregleda veliki broj radova studenata u kratkom vremenskom roku i da se obezbedi nepristrasno ocenjivanje i ujednačena merila dobijenih ishoda ocenjivanja. Automatizovano ocenjivanje rešenja zadataka može da se koristi za razne predmete koji podrazumevaju izradu rešenja radnih zadataka, kao što su računarsko programiranje i slični, kod kojih je rešenje rada najčešće u obliku izvornog koda, odnosno teksta koji treba da bude ocenjen. Prilikom ocenjivanja ovakvih rešenja zadataka, pristupa se raznim raščlanjavanjima, ne samo u smislu služenja svrsi, već i svojstvenim. U smislu ocenjivanja izvornog koda programa ili skripte (manjeg koda koji izvršava tumač u cilju automatizacije nekog postupka), potrebno je oceniti sledeće celine rešenja: sintaksna ispravnost izvornog koda, ispunjenje izvršnih zahteva, ispunjenje svojstvenih zahteva (najveći obim funkcije, primena pravila imenovanja delova koda, davanje prednosti upotrebi određene gradivne jedinice programskog jezika u odnosu na druge itd [10]), ispunjenje određenih zahteva iz postavke zadatka (obavezna interakcija sa korisnikom, prikaz podataka uz adekvatne poruke, i dr) [147]. Svi činiooci automatizovanog ocenjivanja rešenja radnih zadataka su primenjivi za zadatke na predmetu iz studije slučaja ovog rada.

U ovom delu rada su prikazana raščlanjavanja istraženih načina primene ovakvog rešenja. Jedan od načina da se obezbedi ovakav postupak za automatizovano ocenjivanje je upotreba načela testiranja softvera.

Za to postoje dva pogleda na testiranje, koje mogu da se primene za automatizovano ocenjivanje rešenja radnog zadatka. To su funkcionalno i jedinično testiranje softvera [148]. Postupak funkcionalnog testiranja softvera je pogodan za testiranje gotovih rešenja, jer obezbeđuje postupak da se isto rešenje testira sa više grupa ulaznih podataka u različitim trenucima njegovog izvršavanja i da se ishodi uporede sa očekivanim za svaku od grupa ulaza. Ovaj pristup zanemaruje sam način na koji je izvršen razvoj rešenja radnog zadatka, već se samo vrši utvrđivanje činjenice da li rešenje daje tačan izlaz ili ne. Postupak jediničnog testiranja je teži za sprovođenje za automatizovano ocenjivanje rešenja za određeni predmet iz studije slučaja ovog rada, jer studenti imaju slobodu da oblikuju sastav samog rešenja na način koji njima odgovara, pa nije moguće napisati jedinične testove za nepoznatu raspodelu delova koda rešenja. Osim postupaka iz oblasti testiranja softvera, za primenu rešenja za automatizovano ocenjivanje zadataka, primenjive su statičke provere koda [149]. Iako se statička provera koda koristi u oblasti razvoja softvera, njena primena u automatizovanom ocenjivanju rešenja zadataka, posebno u oblasti programiranja, nije bez presedana [150, 151, 152]. Korist statičke provere je u tome što može da otkrije nedostatke u programu koje su ostale neotkrivene funkcionalnim testiranjem, jer bi bili otkriveni samo posebnim nizom ulaznih vrednosti koji bi izazvali prolaz kroz određene linije koda kod kojih postoje greške.

S obzirom na sličnosti između predmeta studije slučaja ovog rada i oblasti programiranja računara, statička provera koda, kao i provera same sintakse koda, primenjene su u rešenju za automatizovano ocenjivanje zadataka.

4.5 Vrednovanje delimičnih rešenja

Zavisno od načina ocenjivanja, delovi rada, koji su predmet ocenjivanja, mogu da budu ocenjivani diskretno, na osnovu tačnosti rešenja ili mogu da budu vrednovani delimično. Prilikom dodeljivanja dela bodova koji su predviđeni za određenu celinu, vrednost dela ocene može da bude izračunata na osnovu pojedinačnih provera koje se nad tim delom vrše. Takođe, mogu da budu srazmerna nekoj drugoj meri. Ova mera može da bude diskretna ili slobodno vrednovana. Diskretne mere mogu biti broj tačnih linija koda od ukupnog broja, broj tačnih izraza od ukupnog broja - posebno kada neki izraz može zauzimati više linija koda itd. Slobodno vrednovane mere mogu da budu primena pravila imenovanja, ispunjenje nefunkcionalnih zahteva, primena načina pisanja koda kojem se daje prednost u odnosu na druge pristupe sa istim ishodom itd.

Pojedini postupci koji se koriste u automatizovanom ocenjivanju rešenja ne mogu da budu primenjeni u ove svrhe, bez obzira na to koji način se koristi da bi se izvršilo delimično vrednovanje učinka pojedinačnih delova rešenja, jer je ishod njihove primene diskretan. Npr. kod funkcionalnog testiranja dela programa, zavisno od određenih ulaznih vrednosti, ishod izvršavanja studentskog rešenja sa tim ulaznim vrednostima može da bude očekivan (tačan) ili neočekivan (netačan).

Zbog binarnog ishoda primene ovog postupka, potrebno je da se koriste drugi postupci koji mogu da obezbede ocenu delova rešenja sa više diskretnih ishoda, osim tačno i netačno. Postupak koji se koristi u automatizovanom ocenjivanju koji može da podrži ovaj vid ocenjivanja je statičko raščlanjavanje.

Posebna korist statičkog raščlanjavanja se odražava u tome što može da pomogne u pregledanju zadatka sa ciljem dodeljivanja barem dela bodova studentu za njegovo rešenje, ukoliko zbog neke sintaksne greške u jednom od delova koda, ceo program ne može da se izvrši i samim tim funkcionalno testiranje ne može da se završi zbog nedostupnosti izlaza programa [10]. Statičkim raščlanjivanjem se obrađuje izvorni kod rešenja i na taj način je moguće ocenjivati više pojedinačnih aspekata rešenja.

Konačno rešenje, na osnovu kojeg je moguće ostvariti vrednost za delimično vrednovane ocene, može da bude zbir oteženjenih ocena pojedinačnih udela ukupnog broja testova koji se vrše nad samim izvornom kodom kroz statičko raščlanjavanje, kao i kroz raščlanjavanje svojstvenih zahteva. Primena vrednovanja delimičnih rešenja može da bude primenjivana globalno, u celom radu, lokalno, u pojedinačnim celinama rada koje se zasebno pregledaju ili lokalno oteženjenih u zavisnosti od druge vrste ocene posebnog dela rada u prethodnim postupcima, npr. na osnovu ishoda funkcionalnog testiranja delova itd. Postupak po kojem se određuje krajnji način delimičnog vrednovanja je podesiv i može se posebno prilagođavati vrsti zadatka.

4.6 Razmatranje uticaja automatizacije

Dostupna literatura o upotrebi automatizacije za ocenjivanje radova u oblasti računarstva sadrži zaključke kojima se potvrđuje pozitivan uticaj upotrebe alata za automatizaciju pregledanja rešenja radnih zadataka i njihovu višestruku prednost u odnosu na ručno ocenjivanje radova. Na prvom mestu, istaknute su prednosti u pogledu brzine i tačnosti pregledanja radova, koje ostavljaju mogućnost za uvođenje češćih provera koje su u interesu i studenata i nastavnika. Studenti češće mogu da provere svoj rad i pronađu greške koje prave tokom rešavanja zadataka, a nastavnici mogu da koriste češće provere znanja, sa ciljem da podele gradivo u više manjih celina, čime se usklađuju svoj rad sa Bolonjskom deklaracijom, ali i da lakše prate napredak svojih studenata, tako da mogu blagovremeno da donesu prave odluke i prilagode svoje nastavne aktivnosti većini studenata, ali i svakom studentu ponaosob.

Ističe se da su razlike u tačnosti ocenjenih radova automatizovanim postupkom u odnosu na ručno ocenjivanje zanemarljive, a i kada postoji veća razlika u ocenama, kod automatizovanog postupka je primećeno da je ostvarena veća tačnost u oceni rešenja radnih zadataka nego kada je ocenjivanje istih sprovedeno ručno. Ovo je posebno slučaj prilikom pregledanja većeg broja studentskih radova.

Pregledom literature, dolazimo do odgovore na dva istraživačka pitanja.

Odgovor 1 – Odgovor na istraživačko pitanje (B)

Na osnovu ovog saznanja, moguće je dati odgovor na istraživačko pitanje **(B)**, koji je potvrđan. Ovo je jedno od dva istraživačka pitanja kojim se potvrđuju hipoteze **(I)** i **(V)** ovog istraživanja.

Odgovor 2 – Odgovor na istraživačko pitanje (D)

Na osnovu ovog saznanja, moguće je dati odgovor na istraživačko pitanje **(D)**, koji je potvrđan. Ovime se potvrđuje hipoteza **(IV)** ovog istraživanja.

5 Softverska rešenja za proveru znanja

U ovom poglavlju je prikazan pregled softverskih platformi i rešenja za podršku u obrazovanju, sa posebnim osvrtom na rešenja koja predstavljaju podršku ocenjivanju testova i radova studenata. Dati su pregledi istorijskih i savremenih rešenja, kao platformi za razvoj ovakvih softvera. Izazov softverskog ocenjivanja rešenja radova i testova je star skoro koliko i oblast računarstva. Najraniji dokumenti koji opisuju pokušaje pojednostavljivanja postupka ocenjivanja radova korišćenjem programskih rešenja potiču iz šeste decenije prošlog veka [153] u SAD.

5.1 Rešenja zasnovana na veb tehnologijama

U prethodnom poglavlju je opisano kako su mrežne tehnologije korišćene kao platforma za rešenja za automatizovano pregledanje i ocenjivanje radova studenata. Ovaj pristup se oslanjao na razvoj sopstvene serverske i klijentske delove takve arhitekture i rešenja su često bila vezana za operativne sisteme koji su se koristili na serverskoj i klijentskoj strani. Računarski potpomognuto ocenjivanje radova se deli na nekoliko vrsta, na osnovu toga da li se ocenjivanje vrši na servisu dostupnom preko Interneta, u lokalnoj mreži ustanove, na računaru na kojem se programsko rešenje piše od strane nastavnika, a uz pomoć alata za pomoć pri ocenjivanju rada [17].

5.1.1 Veb tehnologije

Propisivanjem obrazaca Internet tehnologija i tzv. Veba, postalo je moguće da se razviju softverska rešenja sa istom svrhom, koja omogućavaju studentima da pristupe sistemima za automatsko ocenjivanje sa bilo kojeg mesta gde imaju pristup Internetu, kao i sa različitih hardvera i sa različitih operativnih sistema na svojim računarima [153, 154]. Prednosti koje ovaj pristup obezbeđuje su to da je softver lak za korišćenje, s obzirom na to da su Internet kao platforma i upotreba Internet pregledača poznati studentima; da je potrebna kratka obuka za upotrebu posebnih radnih osobina za posebne veb portale za slanje i ocenjivanje radova; da nije potreban dodatni hardver, osim onog koji studenti poseduju; svi podaci o ishodima ocenjivanja se čuvaju na jednom mestu i mogu da se obrađuju uživo [155]; kao i da je uticaj na poboljšanje uspešnosti učenja neuporedivo veći kada studenti imaju mogućnost da dobiju povratne informacije u bilo koje doba dana, sa bilo kog mesta, uživo, bez potrebe da čekaju da nastavnik pregleda njihove radove. Takođe, može biti neograničeno ponavljanja, osim ako nije drugačije određeno.

Pojam veb tehnologija se vremenom menjao. Pre nastanka Interneta, pa sve do danas, osnovni postupak na kojem se zasniva razmena podataka u računarskim mrežama je kombinacija transmisnog kontrolnog protokola (*TCP*) i Internet protokola, sprovedenog na trećem sloju referentnog modela za otvoreno povezivanje sistema (*OSI*). Ova kombinacija protokola se koristi kao osnov za Internet komunikaciju.

Iako postoji veliki broj protokola za razmenu informacija na aplikativnom sloju OSI referentnog modela, jedan se izdvojio kao dominantan. U pitanju je komunikacioni protokol zasnovan na klijentsko-serverskoj arhitekturi koji se zove Hipertekst protokol prenosa (*HTTP*). Ovaj protokol poznaje dve uloge računara u mreži - klijent i server koji razmenjuju podatke u obliku zahteva i odgovora. Klijent upućuje zahtev sastavljen po tačno određenoj šemi serveru, koji ga obrađuje, priprema odgovor sastavljen po tačno određenoj šemi i vraća ga klijentu [156]. Osnovni model *HTTP* protokola može da bude nadograđeni postupak šifrovanja za poboljšanu bezbednost [157, 158].

Serverski softver koji omogućava ovu vrstu komunikacije naziva se veb server. Ovaj pojam se često koristi i za sam računar, tj. hardver [159], jer se neretko ceo računar namenski određuje za potrebe izvršavanja serverskog softvera. Postoji veliki broj primena *HTTP* serverskog softvera, među kojima su rešenja koja su besplatna, ali i ona koja se plaćaju. Serverski softver koji se najčešće koriste su *Apache* i *Nginx* koji zajedno pokreću preko polovine javno dostupnih aktivnih veb sajtova i portali na Internetu [160, 161]. Bez obzira na softver koji se koristi kao veb server, njihove funkcija je suštinski ista. Oni obezbeđuju razmenu podataka poštovanjem protokola *HTTP*.

192 Softver koji se izvršava na klijentskoj strani je najčešće Internet pregledač (*browser*). Najkorišćeniji Internet pregledači su *Google Chrome* (65%), *Safari* (16%), *Mozilla Firefox* (4%) [162, 163] itd. Osim Internet pregledača, klijentski softver može da bude softverski alat ili program posebne namene [164]. Ovaj softver ne mora da omogućava sva delovanja uobičajenog Internet pregledača, već ima posebno određen skup zadataka koje izvršava automatizovano ili po nalogu korisnika [165, 166]. Internet pregledač omogućava korisnicima razmenu informacija sa serverskim softverom. On priprema zahtev koji upućuje serveru i obrađuje pristigli odgovor. Zavisno od sadržaja u zaglavlju i telu odgovora, Internet pregledač priprema slikovni prikaz dostavljenog sadržaja (*render*) korišćenjem veb pregledača za vizuelizaciju (*rendering engine*) [167].

Često, sadržaj koji jezgro veb pregledača za vizuelizaciju priprema za slikovni prikaz je kod veb stranice napisan na jeziku za označavanje hiper-teksta (*HTML*) [167]. To je opisni jezik kojim se odrede činioici i sadržaj veb stranica [168]. *HTML* kod stranice klijentu otprema serverski softver, a sadržaj može da bude statičan ili dinamičan, zavisno od primene serverske programe. Serverski program, često nazivan veb sajt, je program napisan na programskom jeziku ili jezikom za pisanje skripti (*scripting language*). Najkorišćeniji programski jezici i jezici za pisanje skripti za veb portale su *PHP*, *JavaScript* i programski jezik *Python* [169, 170].

Program veb platformu na strani servera generiše *HTML* kod koji u odgovoru servera dostavlja Internet pregledaču. U *HTML* kodu se nalaze putanje ka povezanim datotekama različitih vrsta koje dopunjuju stranicu. Ove datoteke mogu sadržati multimedijalne sadržaje kao što su slike, video ili audio materijali, ali mogu biti datoteke sa kodom koji dodatno određuje na koji način treba biti pripremljen slikovni prikaz stranice ili na koji način treba veb stranica da se ponaša.

Dve najčešće vrste datoteka ove vrste su datoteke sa određenjem stilova (CSS) ili datoteke sa kodom skripte koja se izvršava na strani klijenta u Internet pregledaču (*JavaScript*). Osim putanja ka datotekama sa servera, u kodu strance mogu da se nalaze putanje ka udaljenim izvorima podataka koji se otpremaju i dopremaju sa drugih servera, a koje su neophodne za ispravno delovanje same veb stranice na strani klijenta. Ove datoteke mogu da budu datoteke CSS ili *JavaScript* koda koje su sastavni delovi određenih biblioteka. Neke od često korišćenih biblioteka koje omogućavaju lako proširenje ponašanja veb zasnovanih programa na strani klijenta su *jQuery*, *Bootstrap*, *AngularJS* itd. [171, p. 199]

5.1.2 Rešenja zasnovana na veb tehnologijama

U dostupnoj literaturi postoje primeri ranih rešenja koja koriste veb tehnologije, nastalih u prvoj deceniji od nastanka Internet pregledača, kao alata za pretraživanje Internet stranica i korišćenje programa zasnovanim na veb tehnologijama [172, 173, 174, 175].

U poslednjoj deceniji, nastao je veliki broj veb zasnovanih rešenja namenjenih sprovođenju automatizovanog ocenjivanja studenata. Određena razvijena rešenja za testiranje su samostalna i opredeljena samo nameni sprovođenja elektronskih testova, dok su neka sastavni deo većih sistema za elektronsko učenje, koja su uobičajeno razvijena u vidu modula koji može i ne mora da se koristi u okvirima takvih sistema šire namene [176, 177, 178, 179].

Jedno od najkorišćenijih rešenja koja su zasnovana na veb tehnologijama je platforma za elektronsko učenje Mudl (engl. *Moodle*). U pitanju je platforma otvorenog koda, koja je besplatno dostupna. Za razvoj ove platforme je korišćen jezik za pisanje skripti *PHP*, dok je kao preporučeni sistem za upravljanje relacionim bazama podataka odabran *MySQL* [180], umesto kojeg može da se koristi i *MariaDB*, koji predstavlja kopiju originalnog *MySQL* projekta, sa poboljšanjima, kako u smislu delovanja, tako i u smislu učinaka, uz očuvanje usaglašenosti izvršnih delatnosti sa originalnim projektom [181, 182, 183]. Platforma Mudl podržava i sistem za upravljanje relacionim bazama podataka *PostgreSQL* [184]. Osim navedenih, platforma Mudl može da radi sa još dve primene sistema za upravljanje relacionim bazama podataka. Međutim, autori ove platforme ne podržavaju te sisteme. U pitanju su *Microsoft SQL Server (MSSQL)* i *Oracle* sistem baza podataka [185, 186]. Većina tehnologija na kojima se zasnivaju platforme za elektronsko učenje, obrazovanje na daljinu i automatizovano testiranje i proveru znanja su zasnovana na veb tehnologijama i otvorenog su koda [187, 188, 189, 190].

Međutim, osim besplatnih rešenja otvorenog koda koja su zasnovana na veb tehnologijama, postoje i rešenja zasnovana na veb tehnologijama koja nisu besplatna, nisu otvorenog koda i koja su u ponudi velikih međunarodnih preduzeća [191]. Primeri takvih platformi su *Microsoft Teams* [192, 193], *Google Classroom* [194, 195, 196] i sl.

5.2 Programi za automatizovano elektronsko testiranje

U obrazovanju, testom se smatra postupak utvrđivanja stepena znanja ili veština koje je stekao učenik ili student. Postoje različiti oblici testova koji se koriste u obrazovanju. Kada su u pitanju pisani testovi, oni su najčešće sastavljeni od niza pitanja. Pitanja mogu da budu otvorene ili zatvorene vrste [197]. Kod pitanja otvorene vrste, od studenta se očekuje da u slobodnom obliku popuni polje za odgovor.

Kod pitanja zatvorene vrste, student ima ponuđene odgovore, koji mogu da budu prikazani na različite načine, a od studenta se očekuje da odgovori koji od ponuđenih odgovora (jedan ili više) su tačni ili da na neki drugi način poveže pojmove koji čine delove odgovora, spajanjem leve i desne strane, upisivanjem tačnog redosleda ređanja odgovora u skladu sa suštinom pitanja, da zaokruži deo slike kojim bi potvrdio razumevanje pitanja i pokazao da zna odgovor itd.

Pitanja otvorenog tipa zahtevaju ručno pregledanje od strane profesora i ne mogu da budu lako automatizovana. Načini da se pojednostavi ili sasvim automatizuje pregledanje je moguće kod pitanja zatvorene vrste. Za ovakva pitanja je moguće napraviti obrazac za ocenjivanje pomoću kojeg nastavnici mogu znatno brže da obave ocenjivanje upoređivanjem odgovora studenata na testu i obeleženih tačnih odgovora u obrascu za svako pojedinačno pitanje. Za tačnije ocenjivanje studenata ovom vrstom testa, neophodno je da baza pitanja sadrži veći broj pitanja iz sličnih oblasti. Ova mera ima za cilj da smanji mogućnost varanja na testovima [198].

Međutim, čak i uz korišćenje obrasca, postupak ocenjivanja testova studenata nije u potpunosti automatizovan. Ukoliko se test radi na papiru, potrebno je upotrebiti ručno upoređivanje sa obrascem. Ukoliko je potrebno upotrebiti računar za sprovođenje automatizovanog ocenjivanja po obrascu, potrebno je izvršiti pretvaranje papirnog testa u elektronski oblik, npr. postupkom skeniranja, kako bi računarski program mogao da pregleda test. Sasvim automatizovano ocenjivanje testova, bez ručnih koraka je moguće ako se testiranje izvrši u potpunosti u elektronskoj formi, na računaru, umesto na papiru. Na ovaj način, nestaje potreba za postupkom kojim se test iz papirnog oblika pretvara u elektronski, jer je test već dostupan u elektronskom obliku. Takođe, nisu potrebni koraci kao što je obrada slike u izdvajanje značajnih delova slike testa za potrebe ocenjivanja, jer su svi podaci o pitanjima, odgovorima i o tome koje odgovore i na koji način je student popunio dostupni u računarskoj memoriji. Tako dostupne podatke, računarski program može, prema obrascu, da oceni i trenutno da saopšti ishod ocenjivanja, tj. ocenu.

Za potrebe postupaka raščlanjivanja izvršenog u ovom istraživanju, razmatrana su samo rešenja koja podrazumevaju automatizovano ocenjivanje testova urađenih na računaru. Ovakva rešenja su najčešće utemeljena na veb tehnologijama. Međutim, pre nego što su rešenja utemeljena na veb tehnologijama postala u najvećoj meri upotrebljavana, obrazovne ustanove su primenjivale i rešenja koja su posebno razvijena za ciljane platforme, tj. da se izvršavaju na određenom operativnom sistemu koji se koristi na računarima u prostorijama u kojima se sprovodi testiranje studenata. Ovakva rešenja su sada zastarela i najčešće se upotrebljavaju ona zasnovana na veb tehnologijama.

Da bi automatizovano testiranje učenika i studenata moglo da se sprovede, potrebno je izvršiti određene korake u cilju pripreme programa za testiranje. Potrebno je obezbediti softversku osnovu neophodnu da se ovakva veb rešenja pokrenu. Tu osnovu obrazovna ustanova može da zakupi ili da samostalno uspostavi. Postupka uspostavljanja potrebne opreme i programskih paketa neophodnih za pokretanje zavisi od posebne vrste veb platforme na kojoj je zasnovan program za elektronsko testiranje studenata. U pripremi elektronskog testa, nastavnici moraju da izvrše unos pitanja u elektronskom obliku u spremište podataka softvera za elektronsko testiranje. Ovaj postupak je uglavnom u potpunosti potrebno ručno uraditi i može dugo da traje. Pitanja se najčešće dele u celine koje predstavljaju predmete, oblasti i jedinice gradiva. Svako rešenje ima svoju podelu prema kojoj grupiše pitanja. Pitanja mogu da budu različitih vrsta, s tim da je osnovna podela na pitanja otvorenog i pitanja zatvorenog tipa. Sva pitanja zatvorene vrste mogu u potpunosti automatski da se ocene. Neka pitanja koja su otvorene vrste mogu da se ocene automatski, onda kada je odgovor na njih, uz eventualni postupak sređivanja vrednosti moguće uporediti sa odgovorom koji je očekivan i koji se smatra tačnim. Ostala pitanja otvorene vrste zahtevaju da ih posle testa nastavnici ručno pregledaju i ocene kako bi bilo moguće odrediti konačnu ocenu testa. Najveći broj veb rešenja za automatizovano ocenjivanje koja su dostupna imaju neki vid podrške za takve vrste pitanja otvorene vrste koja ne mogu u potpunosti da automatski ocene. Međutim, u najvećem broju slučajeva, ovakva pitanja se ne uključuju u testove. Nezavisno od vrste pitanja kakva zadaju, nastavnici moraju da vode računa da ni u jednom delu na ukažu na mogući odgovor, čime bi umanjili pouzdanost i svrsishodnost takvog pitanja. Ovo je posebno važno kod vrste pitanja sa ponuđenim odgovorima, gde postoji jedan ili više tačnih odgovora [24]. Kod ove vrste pitanja, potrebno je povesti računa da u tekstu samih odgovora ne stoje tragovi koji bi ukazali na tačnost tog u odnosu na druge ponuđene odgovore [199].

Određena rešenja podržavaju dodeljivanje različitog broja bodova pojedinačnim pitanjima, jedinicama gradiva ili oblastima u okviru predmeta [200, 201], dok druga svako pitanje vrednuju na isti način, brojanjem tačnih odgovora i vrednovanjem svakog tačnog odgovora kao jedan bod ili delimično tačnih odgovora srazmerno broju tačnih odgovora obeleženih u spisku ponuđenih, sa ili bez kaznenih bodova u slučaju obeležavanja barem jednog netačnog odgovora iz spiska [202]. Određivanje broja bodova je moguće prilikom unosa pitanja u spremište pitanja ili prilikom zadavanja testa, kada je moguće odrediti vrednost pojedinačnih pitanja ili grupa pitanja, npr. iz odabrane jedinice gradiva ili oblasti. Da bi mogli da rade test, studenti se prijavljuju sa svojim pristupnim podacima na deo veb aplikacije namenjen studentima. Potom pokreću test ukoliko imaju tu mogućnost. Upisivanjem odgovora na zadata pitanja na način na koji je to potrebno, zavisno od vrste pitanja, ispunjavaju test i na kraju ga predaju. Ako test nije imao ni jedno pitanje koje nastavnik treba ručno da oceni, student može odmah da vidi ishod ocenjivanja svog testa, ukoliko nije podešeno drugačije. Ako je test imao barem jedno pitanje koje nastavnik treba ručno da oceni, ishode testova može da dostavi nastavnik opredeljenim sredstvom obaveštavanja ili veb aplikacija sama, elektronskom poštom ili na drugi način, koji je određen u podešavanjima.

Nastavnik ima uvid u rešenja testova, objedinjeno i obrađeno sa uvidom u zaključke o uspehu svih studenata na testu ili uvidom u pojedinačne radove testova studenata. Ova rešenja radova testova najčešće može da preuzme u obliku tekstualne datoteke za prenos podataka ili u obliku datoteke namenjene programima za tabelarna izračunavanja, kao što je *XLSX* [203].

U uslovima u kojima je potrebno često vršiti proveru znanja velikog broja studenata iz raznih delova oblasti koje obuhvataju predmeti koje studenti pohađaju, nije uvek moguće sprovoditi usmena ispitivanja sa ciljem provere znanja. Iako postoje predrasude prema postupcima elektronskog ocenjivanja putem testova [204], istraživanja su pokazala da ovi oblici testiranja, u njihovom čestom obliku, sa pitanjima zatvorene vrste, sa jednim ili više ponuđenih odgovora, mogu da isporuče pouzdane ishode ocenjivanja znanja studenata [205, 206, 199]. U ovakvom slučaju, mogu se primenjivati programi za elektronsko testiranje studenata, bilo da su zasnovani na veb tehnologijama ili na drugoj platformi [207]. Programi za elektronsko testiranje studenata imaju glavni cilj da ubrzaju postupak provere znanja studenata zadavanjem određenog broja pitanja koja mogu biti uobličena na razne načine. Pitanja se dele na pitanja zatvorene i na pitanja otvorene vrste [197]. Kada je potrebno sprovoditi u celosti automatizovani postupak ocenjivanja odgovora na testovima, neophodno je da testovi sadrže isključivo zatvorenu vrstu pitanja. Obe vrste pitanja imaju prednosti i mane. Međutim, ishodi provere znanja testovima sa obe vrste pitanja daju približno tačne ishode ocenjivanja [208, 209, 210].

Kako su rešenja za ocenjivanje u obliku elektronskog testa jedna od prvih razvijenih vidova računarski pomognutog ocenjivanja [211], programa koji rade na ovaj način ima najviše [212, 213]. Suštinski nije moguće pronaći, pobrojati, opisati i uporediti sva rešenja ove vrste koja su ikada napravljena. Zbog toga, u ovom poglavlju su prikazana najčešća rešenja koja se danas koriste i dati opisi njihovih posebnih osobina. Takođe, jedan od važnih razloga zbog kojeg je ovaj vid ocenjivanja znanja i sposobnosti čest je njegova upotreba i izvan oblasti obrazovanja. Testovi, kao metod utvrđivanja posedovanja stepena znanja se koriste prilikom izdavanja svedočanstava i uverenja od strane državnih organa i poslovnica preduzeća kojima se daje odobrenje ili potvrđuje stručnost, sposobnost i pravo obavljanja određene delatnosti u datoj struci.

Međunarodna udruženja i ustanove koriste taj vid ocenjivanja znanja za izdavanje potvrda o stepenu sposobnosti za korišćenje stranog jezika pojedincima, za procenu nivoa veština i za procenu stepena razvijenosti inteligencije [214, pp. 53-55, 215, pp. 255-256, 216] itd. Vrsta pitanja koja su najčešće primenjivana su pitanja sa ponuđenim odgovorima [199, 217].

Savremena softverska rešenja za računarski pomognuto elektronsko testiranje su najčešće zasnovana na veb tehnologijama i dele se na rešenja otvorenog i zatvorenog koda. Rešenja otvorenog koda su uglavnom besplatna, dok se je za korišćenje rešenja zatvorenog koda najčešće potrebna kupovina usluge ili prava za korišćenje. Međutim, postoje i rešenja zatvorenog koda koja jesu besplatna za korišćenje. Osim podele na rešenja otvorenog i na rešenja zatvorenog koda, ona se dele i prema svojoj osnovnoj nameni.

Obično su rešenja za elektronsko testiranje sastavni deo većih celina koja čine cele sisteme za elektronsko učenje. Kao takva, ona predstavljaju samo jedan deo čija namena je sprovođenje testiranja studenata koji koriste platforme za elektronsko učenje i u velikoj meri su ugrađena i zavise od ostalih delova takvih sistema. Primeri takvih sistema su *Moodle* [177, 178, 187, 218], *Kahoot!* [219, 220, 221], *Quizizz* [221, 222], *Schoology* [223, 224, 225], *Edmodo* [226], *Google Classroom* [227, 228, 229], *Canvas* [230] i drugi.

Sa druge strane, postoje rešenja čija osnovna namena nije sprovođenje postupka ocenjivanja elektronskim testovima. Ovakva rešenja imaju uopštenu namenu za pravljenje raznih upitnika za prikupljanje podataka. Neka od takvih rešenja daju mogućnost dodeljivanja određ¹⁸⁷og broja bodova pojedinačnim odgovorima ili obeležavanje određenih odgovora kao tačne. Na taj način, pruža se mogućnost da se upitnici napravljeni pomoću ovih rešenja koriste kao testovi. Upoređivanjem obeleženih odgovora svakog popunjenog upitnika sa odgovorima koji su u upitniku obeleženi i poznati kao tačni, moguće je izračunati broj bodova koji se uvažava za svaki primerak upitnika. Neka od rešenja nude da ovaj postupak ocenjivanja sama izvrše, bez potrebe za naknadnom obradom od strane korisnika. Primeri ovakvih rešenja za pravljenje upitnika su *Google Forms* [221, 231, 232], *Microsoft Forms* [233], i drugi.

5.3 Programi za automatizovano pregledanje radova

Jedno od prvih rešenja za automatizovano ocenjivanje studentskih radova potiče iz kasnih pedesetih godina prošlog veka [211]. Iako nije moguće doći do prvobitnog izvornog koda ili njegovog štampanog prikaza, opisi rada ovog rešenja ukazuju na to da je ono radilo tako što je vršilo provere izlaznih vrednosti studentskog programa za dati ulazni niz vrednosti sa kojima program treba da radi. Imajući u vidu da je ishod programa bio poznat, bilo je moguće odrediti niz ulaznih podataka i očekivani niz izlaznih koji bi bili upoređeni sa stvarnim izlaznim vrednostima studentskog rešenja. Ovo rešenje se oslanjalo na ručno određivanje ulaznih i očekivanih izlaznih vrednosti, kao i na ručno učitavanje početka programa, zatim studentskog dela i na kraju konačnog dela programa za ocenjivanje. To je bilo ograničenje uslovljeno načinom učitavanja programa u memoriju¹⁶⁸ unara u to vreme. Ishodi ocenjivanja radova ovim rešenjem su bili binarni i mogli su da ukažu na to da li je program uspešno završen i tačan ili je došlo do neke greške i program nije vratio tačan, tj. očekivan izlaz za dati zadatak. Ovaj pristup određuje rešenje za ocenjivanje radova kao polu-automatsko. Svakako, ono je jedno od prvih rešenja koje je ohrabrilo razvoj mnogih drugih rešenja.

Kao jedno među prvim rešenjima ove vrste, vredni pomenuti i rešenja za automatizovano ocenjivanje studentskih radova u oblasti programiranja koje takođe datira iz ovog vremena [234]. Ono se oslanja na upotrebu postupka koji odgovara funkcionalnom testiranju, gde se za određeni niz ulaznih vrednosti, od studentskog rešenja uzimaju izlazi i upoređuju sa očekivanim izlazima, s obzirom na to da je cilj programa unapred poznat prema njegovoj postavci.

Posebno softversko rešenje, na osnovu raščlanjavanja prikaza izvornog koda koji je priložen u radu u kojem je prvi put opisano [234], pokazuje da program za ocenjivanje izlaza generiše seriju pseudo-slučajnih uzoraka za ulazne vrednosti programa, izvršava studentski program sa generisanim ulaznim vrednostima, beleži izlazne vrednosti i poredi ih. Na osnovu ishoda poređenja je moguće izračunati ocenu. Ovo rešenje se ne oslanja na raščlanjavanje samog koda rešenja, već isključivo na proveru njegovog rada i u tom smislu daje pojedinačne ishode ocenjivanja.

Iako ne obuhvata sve činioce ocenjivanja rada koje bi izvršio čovek, ovo rešenje pomaže da smanji broj radova koje je potrebno ručno pregledati. Radovi čiji izlazi su tačni za sve serije pseudo-nasumičnih izlaza ne moraju da budu pregledani ručno, jer je moguće pretpostaviti, sa visokim stepenom sigurnosti, da je rešenje i dobro napisano. Uklanjanjem barem dela radova koje je potrebno ručno pregledati, umanjuje se obim posla, smanjuje vreme za ocenjivanje svih radova i objavljivanje ishoda ocenjivanja radova studentima.

U to vreme, na Univerzitetu u Kopenhagenu, primenjivano je rešenje koje je omogućavalo pregledanje studentskih programa napisanih na jeziku ALGOL (ALGOL). U tehničkom izveštaju objavljenom sredinom šezdesetih godina [235] autor opisuje način rada ove vrste rešenja i daje pregled koda. Rešenje se zasniva na ugradnji studentskog koda u kod programa za ocenjivanje. Izvršavanjem ovog koda, upoređuje se izlaz prog¹⁸⁴ sa vrednostima koje su očekivane za dati niz ulaznih vrednosti. Prema tome, ovaj pristup se ne razlikuje u velikoj meri od svih do tada predstavljenih rešenja. Prema načinu upotrebe ovog rešenja, ono je poluautomatsko, s obzirom na to da je potrebno ugraditi ručno svaki studentski program u postojeći kod rešenja za ocenjivanje.

Sredinom šezdesetih godina prošlog veka, na Univerzitetu u Sidneju, razvijen je sistem za automatizovano ocenjivanje radova studenata koji je bio ugrađen kao program na samom operativnom sistemu na računaru koji su studenti koristili za rad [236]. Ovaj sistem je mogao da beleži svako vežbanje i njegove ishode. Bilo je moguće izračunati ocene na osnovu zabeleženih ishoda vežbanja izvršenih u određenom vremenskom opsegu za određene predmete. Ovaj sistem predstavlja jedan od važnih koraka u unapređivanju rešenja za automatizovano ocenjivanje, jer je pored diskretnog ishoda ocenjivanja pratio i vreme izvršavanja, što je predstavljalo jedna od prvih pokušaja da se mere i neki drugi pokazatelji koji mogu da ukazuju na dejstvenost predatog rešenja, a ne samo na njegovu tačnost.

Kasnija rešenja su uvodila nove metrike. Pored upoređivanja očekivanih i dobijenih izlaza za date ulazne vrednosti i vremena izvršavanja, rešenja za automatizovano ocenjivanje su počela da raščlanjaju i sam izvorni kod. Ovo je postalo posebno upotrebljavano u vreme nastanka novih programskih jezika, a posebno programskih jezika sa višim stepenom uopštenog razmatranja. Postalo je moguće pisati veoma složene i obimne programe. Programerima je bilo potrebno sve više vremena da sagledaju, raščlanjaju i razumeju izvorne kodove programa koje su pisali drugi programeri.

Iz tog razloga, nastala je potreba za insistiranjem na pisanju tačnog koda, a ne samo na pisanju koda koji bi rešio zadatak. Tačno pisanje koda je prepoznato kao važna i potrebna veština. Bilo je očigledno da je ovu veštinu bilo neophodno usvojiti što ranije, pa je uvedena kao jedan od važnih delova obrazovanja u oblasti programiranja na univerzitetima i u školama koje su učile ovu veštinu. Kako bi se podstaklo usvajanje veštine pisanja tačnog koda, nastavnici su uvodili pravila u skladu sa svojim stavovima i prema načinima koje su oni zastupali prilikom pisanja svog koda. Pravila su se vremenom razvijala, granala, spajala i nastajala su opšta određenja, pojašnjena i posebna pravila i preporuke. Vremenom, softverska rešenja za automatizovano ocenjivanje radova su počela da vrše raščlanjavanje izvornog koda i da proveravaju usklađenost rešenja sa ovim propisanim pravilima, koje su mogle varirati od ustanove do ustanove, ali čak i od nastavnika do nastavnika na različitim predmetima u istoj ustanovi.

Uvođenje provere izvornog koda i usklađenosti sa načinima pisanja koda dovelo je do toga da je moguće pratiti još osobina rešenja koje mogu uticati na konačnu ocenu rešenja rada. Sa druge strane, to je uticalo na motivaciju kod studenata da više vremena posvete poštovanju propisanih pravila, načini pisanja koda i, generalno, poboljšanja tačnosti svog koda [237].

Iako je već u osamdesetim godinama bilo pokušaja primene raščlanjavanja izvornog koda, najčešća rešenja za ocenjivanje i proveru studentskih radova su se oslanjala na upoređivanje očekivanih i dobijenih ishoda izvršavanja celog programa ili njegovog dela, tj. pojedinačnih funkcija.

Jedan primer rešenja za ocenjivanje studentskih programskih rešenja, koje je postojalo i koristilo se istovremeno sa naprednijim pristupima koji vrše i raščlanjavanje samog koda programskog koda, korišćeno je na Švajcarskom tehničkom institutu (ETH) u Cirihi [238]. Ovo je jedno od prvih rešenja koje se zasniva na upotrebi mrežne tehnologije. Softversko rešenje za ocenjivanje radova studenti koriste preko mrežnih računara - terminala. Postupak pregledanja studentskog rešenja, ocenjivanje i beleženje ishoda se vršio na centralnom računaru - serveru, na kojem se program za ocenjivanje izvršavalo. Studenti su mogli samostalno da koriste ovu mrežnu uslugu i mogli su više puta da svoj rad podnesu na pregledanje. Softver se oslanjao na upoređivanje očekivanog izlaza programa i izlaza koje se dobijalo izvršavanjem studentskog programa. Ovaj alat je imao mogućnost da u slučaju greške pronađe moguće razloge greške i objavi ih studentu. Iako je ovo rešenje na osnovu delova koji su ga činili bilo napredno, iskustva studenta su ukazivala na to da nisu bili zadovoljni ovim pristupom, zbog nedovoljno povratnih informacija kakve bi dobijali od nastavnika koji bi ručno pregledali njihov kod.

Početnom osamdesetih godina prošlog veka, nastala su prva radna rešenja za ocenjivanje programskih zadataka koja se zasnivaju na raščlanjuju koda kao dodatku proveru ishoda izvršavanja programa. Jedno od ovih rešenja je razvijeno za proveru načina pisanja programa na programskom jeziku Paskal (*Pascal*) [239].

Tvrđnja autora potvrđuje tezu da uvođenjem provere načina pisanja koda programa i otvorenim prikazivanjem grešaka, studenti su dodatno motivisani da obrate pažnju na njih i da ih ispravljaju. Ovo rešenje predlaže i posebne metrike za programske zadatke i očekivane varijacije rešenja. Nedostatak generalizacije kod ove vrste rešenja ga čini manje primenjivim i prilagodljivim drugim programskim jezicima i načinima kodiranja koji se kod tih jezika koriste. Međutim, sam pristup je otvorio put drugim rešenjima koja jesu uvela metrike koje mogu da se generalizuju i, uz manje izmene, primene i za razne druge programske jezike.

Primer takvog rešenja nastalo je samo nekoliko godina kasnije, ali je razvijeno sa ciljem provere koda programa napisanog na programskom jeziku C (C) [240] i ono je inspirisalo nekoliko kasnijih rešenja [241, 242]. Ova rešenja su omogućavala korisnicima da podese postavke na osnovu kojih bi bile merene usklađenosti koda pripisanim sa načinima pisanja koda. Tako je bilo moguće izvršiti tačno ocenjivanje podnetih programskih rešenja zadataka.

Pregledom dostupne literature, a posebno objavama i opisima programa za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka, moguće je dati odgovor na jedno od istraživačkih pitanja.

Odgovor 3 – Odgovor na istraživačko pitanje (A)

Na osnovu zaključaka i prikaza iz obrađene literature, moguće je dati odgovor na istraživačko pitanje (A), koji je potvrđan i kojim se potvrđuju hipoteze (I) i (V) ovog istraživanja. Dalje studije slučaja sopstvenih rešenja za automatizovano pregledanje radova, a posebno rešenja za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka studenata, teže da se zaključci doneti pregledom literature potvrde kroz sopstveni razvojni istraživački rad.

5.4 Načini otpremanja rešenja radnih zadataka

Sastavni deo postupka rešavanja radnog zadatka iz predmeta u okviru oblasti informacionih tehnologija podrazumeva potrebu da to rešenje bude dostavljeno nastavniku da bude pregledano.

U uslovima rada u elektronskim učionicama, studenti po završetku rešavanja radnog zadatka svoja rešenja mogu da otpreme nastavnicima na više načina, među kojima su kopiranje svojih rešenja zadataka u mrežno spremište dostupno u okviru mreže računara u elektronskoj učionici u kojoj studenti rade zadatke. Potrebno je da se izvrše određena podešavanja kojima bi se obezbedilo da datoteke upisane u ovom mrežnom spremištu ne mogu da se menjaju niti da studenti mogu nakon upisa da ih preuzmu, otvore i pregledaju. Preuzimanje i pregledanje datoteka u direktorijumu u ovom spremištu mora biti moguće samo za nastavnike. Ovako nešto može da bude rešeno ukidanjem prava čitanja sadržaja nad svim postojećim i novim datotekama i direktorijumima unutar direktorijuma takvog spremišta.

U uslovima rada izvan elektronskih učionica ili sa više mesta, sa kojih nije moguće obezbediti pristup prethodno opisanom spremištu za otpremanje rešenja radnih zadataka, moguće je razviti programsko rešenje koje se zasniva na veb tehnologijama koje je dostupno studentima preko Interneta i koje omogućava otpremanje rešenja radnih zadata nastavniciima.

Ovakva rešenja je moguće razviti tako da budu zasnovana na postojećim platformama [243, 244, 245, 246] za deljenje datoteka preko Interneta ili je moguće razviti sopstveno rešenje, po ugledu na rešenje koje je razvio autor za potrebe ustanove na kojoj je angažovan kao nastavnik [247]. Poslednjih godina, nastali su programi za pregledanje rešenja radnih zadataka u raznim drugim oblastima, izuzev oblasti programiranja, koje je u ovom radu obrađeno, npr. u oblasti elektronike [248], pisanja [249, 250], medicine [251] itd.

U slučaju programskih rešenja zasnovanih na veb tehnologijama za mogućnost udaljenog pristupa aplikaciji za otpremanje rešenja radnih zadataka studenata, studenti se na aplikaciju prijavljuju korišćenjem svojih pristupnih podataka, koji mogu biti studentski broj indeksa, adresa elektronske pošte, korisničko ime i drugi podaci, uz lozinku studentskog naloga, lični broj studenta ili neki drugi podatak koji se koristi za odobravanje pristupa studentskom nalogu. Po prijavi na aplikaciju, studenti otpremaju svoje rešenje zadatka na ispravno mesto, pod naziv predmeta, oznaku zadatka, ime nastavnika kojem šalju radove ili na neki drugi način određeno mesto za otpremanje radova, a u skladu sa uputstvima istaknutim u postavci zadatka. Zatim, studenti dobijaju potvrdu o uspešno završenom postupku otpremanja datoteke sa rešenjem zadatka. Prema ranije navedenim ograničenjima koje aplikacije ili spremišta za otpremanje treba da ispoštuju, studenti nisu u mogućnosti da svoje poslate radove preuzmu, kao ni da vide ili pristupe rešenjima koje su otpremili drugi studenti.

Nastavnici, koji treba da se prijave na aplikaciju sa svojim posebnim pristupnim podacima, mogu da imaju uvid u poslate radove studenata. Potrebno je da se uvedu ograničenja pristupa, postavljena na taj način da nastavnik može da vidi samo radove koji su poslali njemu ili za zadatak koji je on postavio. Nastavnik ne može imati mogućnost da vidi, preuzima ili na bilo koji drugi način upravlja radovima studenata koji su poslali drugim nastavnicima ili za zadatke koje su zadali drugi nastavnici.

Izuzev mogućnosti razvoja sopstvenog programskog rešenja čija namena bi bila prijem radova studenata, moguća je upotreba postojećih veb usluga kao što su programi za pravljenje upitnika *Google Forms* [252, 253] ili *Microsoft Forms* [254, 255]. Oni mogu da se koriste za prijem rešenja zadataka studenata. Ovo predstavlja prilagođeni oblik upotrebe programa koji su namenjeni za pravljenje upitnika i prikupljanje odgovora na upitnike.

6 Studije slučaja sopstvenih rešenja

U ovom poglavlju su prikazane dve studije slučaja sopstvenih rešenja izrađenih sa ciljem podrške postupku provere usvojenih znanja i stečenih radnih veština studenata sa podrškom za samostalno ocenjivanje studentskih radova, bez učešća nastavnika ili ispitivača u postupku pregledanja radova i određivanja vrednosti konačne ocene. Sopstvena rešenja su razvijana sa ciljem da podrže posebne potrebe ustanove koje nisu mogle u potpunosti da budu zadovoljene dostupnim rešenjima. Sopstvena razvijena rešenja za ocenjivanje studenata obezbeđuju vezu sa informacionim sistemom ustanove.

Ovom vezom su obezbeđene dodatne mogućnosti, kao što su provera da li je nalog studenta otvoren, da li student može da započne rad testa ili radnog zadatka u ispitnom roku na osnovu provere postojanja ispravne prijave ispita, kao i druge provere i povezivanja sa studentskim nalogom u informacionom sistemu ustanove. Predstavljena su dva rešenja za dva načina provere i ocenjivanja.

Prvo rešenje ima prvenstveno namenu da se pomoću njega sprovodi provera stepena usvojenog znanja, koja uz posebna prilagođavanja pitanja može da posluži i za potrebe provere stepena stečenih radnih veština, na posredan način. U pitanju je sistem za automatizovano pregledanje testova koje studenti rade elektronski, na računaru, iz elektronske učionice ili preko Interneta, od kuće ili sa druge lokacije.

Drugo rešenje ima isključivo namenu da se pomoću njega sprovodi provera stepena stečenih radnih veština, na neposredan način. U pitanju je sistem za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka studenata.

6.1 Rešenje za automatsko pregledanje elektronskog testa

Naziv aplikacije koja se koristi za elektronsko testiranje studenata na Univerzitetu Singidunum je UNIS Multi-Tutor (skraćeno MTutor) [202]. Aplikacija omogućava lako i brzo utvrđivanje stepena usvojenih znanja studenata i ocenjivanje. Način provere znanja je elektronskim testom sa pitanjima sa jednim ili više tačnih odgovora. Aplikacija omogućava studentima da se prijave sa svojim brojem indeksa u cilju polaganja testova. Aplikacija za elektronsko testiranje se koristi za sve predmete na svim fakultetima koji su sastavni deo Univerziteta Singidunum, kao i na nekoliko fakulteta pridruženih Univerzitetu. U nastavku je prikazana studija slučaja koja obuhvata pojedinosti vezane za razvoj ovog sopstvenog rešenja za elektronsko testiranje studenata, način upotrebe iz ugla tri vrste korisnika aplikacije, prikaz njenog rada u različitim slučajevima korišćenja, prikaz ishoda i ocenu pogodnosti ovog rešenja za njegovu osnovnu namenu, sa pregledom uočenih prednosti i mana.

6.1.1 Razvoj sopstvenog rešenja

Aplikacija za elektronsko testiranje sa automatizovanim pregledanjem testova je razvijana na temelju tehnologija za razvoj veb aplikacija. Rešena je kao klijent-server aplikacija. Svi delovi korisničke strane aplikacije se u celosti dopremaju Internet pregledaču sa servera. Celokupan kod svake stranice se priprema na strani servera i unapred pripremljen se dostavlja Internet pregledaču za slikovni prikaz. Izvorni kod aplikacije je pisan *PHP* jezikom za pisanje skripti.

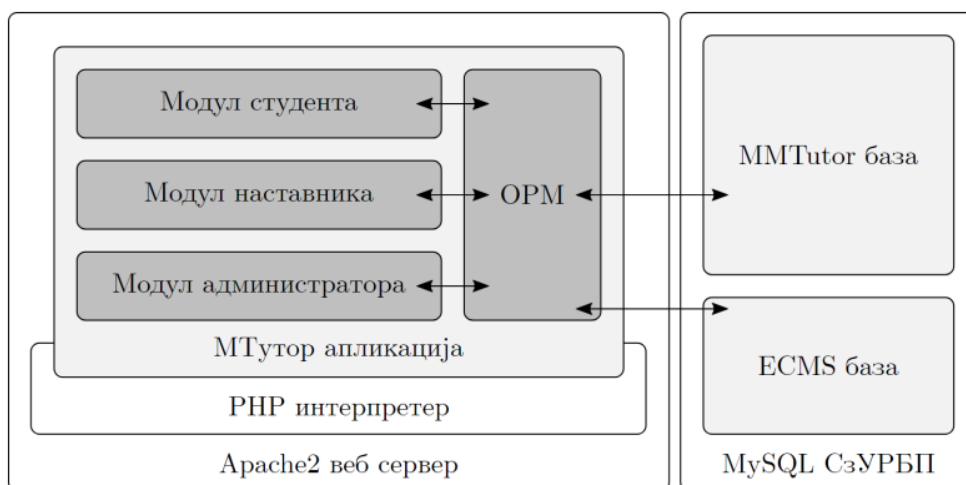
Izvorni kod delova za oblikovanje koda stranica je pisan korišćenjem jezika za pisanje obrazaca biblioteke *Smarty*. Za spremište podataka aplikacije, korišćen je *MySQL* sistem za upravljanje relacionim bazama podataka (engl. akr. *RDBMS*). Aplikacija može kao spremište podataka da koristi i *MariaDB* sistem za upravljanje relacionim bazama podataka, koji je saglasan sa *MySQL* i međusobno su zamenjivi. Aplikacija može da bude pokrenuta na operativnim sistemima iz porodice *Windows* ili na distribucijama *GNU/Linux* operativnih sistema. Na mestu serverske aplikacije, koristi se *Apache2*.

6.1.1.1 Uređenje rešenja

Aplikacija za elektronsko testiranje je uređena u skladu sa klijentsko-serverskom arhitekturom. Sve zahteve obrađuje serverski deo aplikacije, koji odgovore šalje klijentima koji su zahteve uputili. Celokupan izvorni kod se nalazi na strani servera i server u celosti priprema sadržaj odgovora koji se upućuje klijentskoj strani za oblikovanje slikovnog prikaza.

Isključivo serverski deo aplikacije uspostavlja neposrednu vezu sa bazom podataka i može da otprema i doprema podatke u i iz baze podataka. Korisnici se, zavisno od uloge, prijavljuju na aplikaciju upotrebom različitih pristupnih podataka, a činjenice vezane za njihov rad u okviru aplikacije, od trenutka prijave, se čuvaju u memoriji servera, izvan baze podataka.

Jednoznačno utvrđivanje pripadajućih podataka privremeno sačuvanih u memoriji servera za vreme rada aplikacije se vrši na osnovu jedinstvene oznake koju klijent dostavlja sa svakim zahtevom serveru, a koji se čuva u memoriji računara u obliku datoteka kolačića koje koristi Internet pregledač. Jedinstvena oznaka se dostavlja automatski, bez potrebe za podešavanjima Internet pregledača kod klijenta.



Slika 1 - Uopšteni prikaz uređenja aplikacije MTutor

² Kao što može da se vidi na Slika 1, u MySQL sistemu za upravljanje relacionim bazama podataka su dostupne dve baze podataka. Aplikacija je podeljena u module prema ulogama korisnika i to u modlu za studente, modul za nastavnike i modul za administratora. Veza između pojedinačnih modula i baza podataka je posredna.

Aplikacija primenjuje model objektno-relacionog mapiranja podataka (engl. akr. *ORM*). Prema *ORM*, korisnici podataka, koji su u ovom smislu moduli aplikacije, nikada ne mogu da imaju neposredan pristup skladištu podataka u sistemu za upravljanje bazama podataka.

Umesto toga, *ORM* služi kao posrednik koji obezbeđuje modele podataka modulima, kao i funkcije koje se nad tim modelima mogu pozvati, a posredstvom kojih je moguće upravljati podacima koji se nalaze u bazi podataka [256]. Osim uloge posrednika između modula i baza podataka, modeli nameću određena ograničenja. Ova ograničenja zavise od stanja baze podataka, podataka u tabelama baze za koje su zaduženi i od trenutnih postavki same aplikacije. Moduli nemaju način da zaobiđu ova ograničenja, ukoliko ona stupe na snagu u bilo kom trenutku.

Funkcije modula su tako napisane da predviđaju mogućnost da zahtevane izmene nad podacima u bazi ne mogu da budu izvršene i imaju načine da upravljaju tim nastalim izuzecima, bez da to utiče na nestabilan rad aplikacije. Iako *ORM* dovodi do smanjenja performansi, ono olakšava razvoj aplikacije [257, 258].

6.1.1.2 Uloge korisnika

Aplikacija poznaje tri uloge korisnika koji imaju mogućnost prijave i upotrebe njenih posebnih delova. Dostupne su uloga administratora, uloga nastavnika i uloga studenta. Uloga nastavnika se poistovećuje sa ulogom ispitivača, s obzirom na to da se aplikacija koristi u svrhe provere stepena usvojenih znanja i, posredno, stepena stečenih radnih veština studenata.

Za svaku od uloga korisnika postoje posebni delovi aplikacije kroz koju se ovi korisnici prijavljuju svojim pristupnim podacima. Pristupni podatak administratora je administratorska lozinka.



Slika 2 - Uopšteni prikaz funkcija dostupnih administratoru

Administrator može da se prijavi na aplikaciju isključivo sa unapred određenih adresa u mreži računara unutar kancelarija u zgradi ustanove. Ne postoji mogućnost da se administratorskom delu aplikacije pristupi iz javno dostupnog dela mreže, tj. sa Interneta. U određenim okolnostima, udaljeni pristup aplikaciji može da bude onemogućen, podešavanjem posebnih postavki aplikacije, bilo kroz modul administratora ili neposrednim uticanjem na uređenje sistema.

Administrator ima sledeće mogućnosti, obezbeđene u aplikaciji:

- da upravlja spiskom fakulteta, tako da studenti sa navedenog fakulteta mogu da koriste aplikacije za testiranje;
- da upravlja predmetima, kao i da uređuje podatke o jedinstvenim oznakama predmeta, koje moraju da budu u saglasnosti sa onim u fakultetski informacioni sistem, u cilju neometanog vršenja automatskog usaglašavanja podataka o prijavama ispita studenata;
- da upravlja nalogima nastavnika, kojima može da uređuje pristupne parametre i angažovanja na predmetima;
- da upravlja nalogima studenata, iako aplikacija automatski pravi naloge prema podacima iz fakultetskog informacionog sistema;
- da upravlja ispitnim rokovima u kojima se omogućava rad testova;
- da upravlja drugim postavkama aplikacije.

Navedene mogućnosti, koje su administratoru stavljene na raspolaganje, može da koristi samo ukoliko se prijavi na aplikaciju korišćenjem ispravnih pristupnih parametara administratorskog naloga.



Slika 3 - Uopšteni prikaz funkcija dostupnih nastavniku

Nastavnik se prijavljuje sa korisničkim imenom i lozinkom na deo aplikacije namenjenom nastavnicima, otvaranjem posebne putanje namenjene poznate nastavnicima.

U okviru nastavničkog dela aplikacije, nastavnik ima uvid u svoje predmete na kojima je angažovan od strane administratora, a u skladu sa listom angažovanja nastavnika na fakultetima. Funkcije koje su stavljene na raspolaganje nastavniku, u okviru nastavničkog dela aplikacije su:

- Upravljanje bazom pitanja u okviru svog predmeta, gde može sam da izgradi podelu po oblastima, pod kojim unosi i uređuje pitanja sa ponuđenim odgovorima;
- Zadavanje testova, gde može da odredi koliko pitanja iz koje oblasti će biti iskorišćeno slučajnim izborom prilikom pravljenja testova za svakog studenta pojedinačno, od strane aplikacije;
- Praćenje testiranja, gde nastavnik može u realnom vremenu da prati koji studenti rade test, do kojeg pitanja su stigli, koja pitanja su im zadata, koliko vremena im je ostalo za rad itd;
- Uvid u radove studenata, gde nastavnik može da pregleda sve radove testova studenata na predmetima na kojima je angažovan, da sagleda koja pitanja su odgovorili tačno, a na koja su pogrešili i da studentima omogući uvid u ishod testiranja, kao i da ponudi savete i da smernice za dodatno učenje sa ciljem sticanja bolje ocene;
- Izvoz ishoda testiranja, gde nastavnik može da izveze ishode radova na svakom testu pojedinačno, u tri vrste datoteka, zavisno od namene izvezenih ishoda testiranja i to:
 - Za potrebe vođenja ličnog uvida u ishode testiranja;
 - Za potrebe objave na stranici predmeta [8, pp. IV-5.9];
 - Za potrebe uvoza u fakultetski informacioni sistem.
- Uvid u statistiku pitanja, pomoću koje može da utvrdi da li postoje pitanja koja imaju grešku u postavci, usled izvanredno velikog broja pogrešnih odgovora, ali i za ukupnu procenu težine određene oblasti studentima, tokom polaganja testova;
- Upravljanje nalogom, gde može da promeni svoju lozinku naloga.



Slika 4 - Uopšteni prikaz funkcija dostupnih studentu

Studenti se prijavljuju na studentski deo aplikacije odabirom svog fakulteta i unosom svog studentskog broja indeksa u okviru polja osnovne stranice aplikacije za elektronsko testiranje. Nastavnici i studenti mogu da se prijave i iz lokalne mreže i sa javnog dela mreže, tj. sa Interneta, s tim da studenti mogu da pokreću testove sa Interneta samo ukoliko nastavnik za određeni test odredi da je taj test moguće pokrenuti sa Interneta i to uz određivanje posebnih uslova koji važe za vreme rada testa.

Student ima najmanje funkcija. Pre pokretanja testa može da proveri mogućnost pristupa kameri, da pregleda listu testova i da pokrene rad testa.

6.1.1.3 Uređenje podataka

Kao što je ¹⁴⁵ prikazano uopštenim prikazom uređenja aplikacije, vidi se da je čuvanje podataka podeljeno u dve baze podataka, koje se nalaze na istom serveru baze podataka.

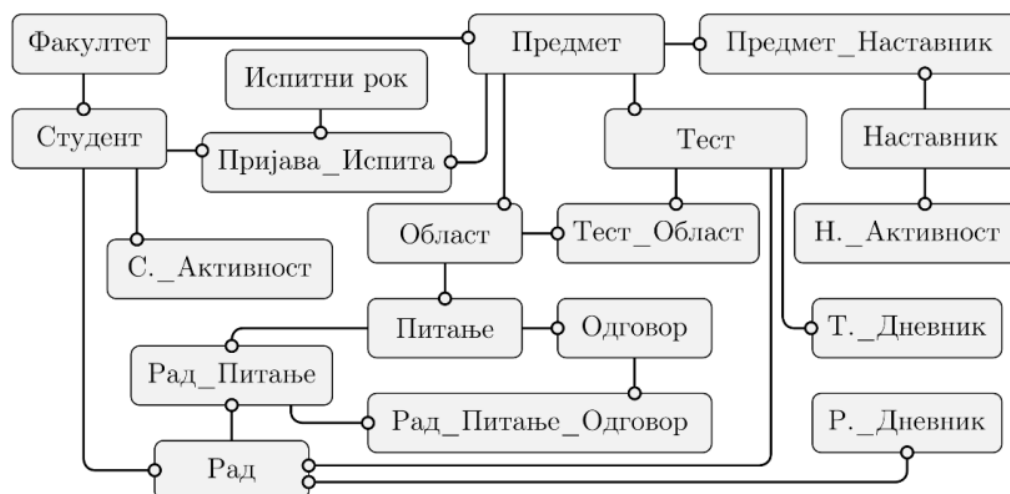
Prva baza podataka sadrži tabele unutar kojih se čuvaju podaci koji određuju način rada same aplikacije, raspoređivanje delova grafičkog korisničkog interfejsa i mogućnost upotrebe posebnih mogućnosti koje su na raspolaganju nastavnicima koji koriste aplikaciju za određivanje i postavljanje testova.

Druga baza podataka sadrži tabele unutar koji se čuvaju podaci o fakultetima, predmetima, oblastima pitanja, pitanjima, odgovorima na pitanje, podacima o studentima, prijavama ispita, pripremljenim i zadatim testovima, studentskim radovima, obeleženim odgovorima, ishodima testiranja i druge podatke važne za sprovođenje postupka elektronskog testiranja studenata.

Obrazac po kojem se čuvaju podaci u tabelama, koji se ogleda u popisu tabela, njihovih polja i veza među njima je proširivan i unapređivan godinama. U tom periodu, primenjivano je nekoliko različitih pravila imenovanja tabela, polja i relacija.

Iz ovog razloga, nije primenjeno isto pravilo imenovanja na sve tabele u bazi podataka, što u određenoj meri može otežati snalaženje u bazi podataka i jedno je od nedostataka, koji ne utiču na brzinu odziva i rada baze podataka, a samim tim i aplikacije, već isključivo ima uticaj na brzinu i dejstvenost tokom razvoja novih mogućnosti aplikacije, a koji se neposredno oslanjaju na podatke dostupne u bazi podataka. Uvođenje novih mogućnosti aplikacije su dovele do toga da se u delovima aplikacije primenjuje obrazac imenovanja koji nije u skladu sa onim ustanovljenim za aplikaciju. Jedan od razloga je bio prilikom povezivanja sa fakultetskim informacionim sistemom, koji koristi drugi obrazac.

Redovno se prave rezervne kopije sadržaja obe baze podataka na serveru koje se čuvaju neograničeni vremenski periodu unazad. Ove rezervne kopije su uvek dostupne za proveru i nadzor nad tačnošću i nepromenljivošću ishoda testiranja studenata.



Slika 5 - Prikaz tabela aplikacije MTutor i njihovih veza

Model baze podataka je izgrađen tako da podrži predviđene funkcije aplikacije MTutor. Sa slike Slika 5 se vidi da je model podataka u velikoj meri pojednostavljen. S obzirom na prirodu angažovanja nastavnika na predmetima i njihove deljene dužnosti i potrebu da uvek imaju uvid u ishode ocenjivanja testova, izostala je neposredna veza između pojedinih testova i nastavnika, već je veza između nastavnika i testova posredna, preko vezne tabele sa predmetom i preko samog predmeta. Prilikom zadavanja testova, određuje se broj pitanja iz odabranih oblasti, te je vezna tabela koja spaja test i oblast dopunjena podatkom o broju pitanja iz te oblasti koje treba uključiti u pojedinačni test koji se zadaje studentu. Test može sadržati samo pitanja iz oblasti koje pripadaju predmetu za koji se test priprema, a jedno pitanje može imati više odgovora. Za svaki odgovor ponaosob, upisuje se da li on važi za jedan od tačnih među ponudjenima. Ono što se iz prikaza ne vidi, a deo je strukture samih tabela, određeno njihovim poljima, je svojstvo testa, koji može da bude određen kao kolokvijum, ispit ili aktivnost.

Ovo svojstvo nema uticaja na sastavljanje ili način prikaza testa studentu tokom rada, već ima uticaja na to da li test može da bude pokrenut ili ne, u određenim okolnostima, zavisno od toga da li je u toku ispitni rok i da li student u tom roku ima prijavljen ispit. Ukoliko nije u toku ispitni rok, a test je postavljen kao kolokvijum, moći će da se pokrene. Testovi podešeni kao aktivnosti, mogu uvek da se pokreću i koriste se za proveru usvojenih znanja tokom nastave, za sticanje bodova za aktivnosti tokom nastave. Kako studenti pripadaju određenom fakultetu, oni mogu da vide i pokrenu samo testove koji pripadaju predmetima na tom fakultetu. Svaki predmet ima grupu oblasti, sa više pitanja koja im pripadaju. Pitanja i odgovori mogu sadržati prost tekst, ali mogu biti i slike, tabele i drugi oblikovani sadržaji.

Pokretanjem testa se studentima unosi u evidenciju njihov rad. Za taj rad se vezuju pitanja iz oblasti pridruženih tom testu. Unapred se sastavlja lista pitanja, onoliko koliko je određeno prilikom sastavljanja testa, s tim da se pitanja biraju nasumično, a među njima se i svaki odgovor koji pripada tom pitanju ređa nasumično, te mu se dodeljuje jedinstveni lični broj, kako se ne bi mogao izgraditi prvobitni redosled na osnovu izvornih rednih brojeva odgovora. Tako izmešana grupa pitanja se zadaje studentu, jedno po jedno, u grupama od po nekoliko ili sva odjednom, zavisno od toga kako je podešen test. Za svaki odgovor se beleži da li ga je student označio kao tačan ili ne, da bi se na kraju rada moglo sprovesti ocenjivanje.

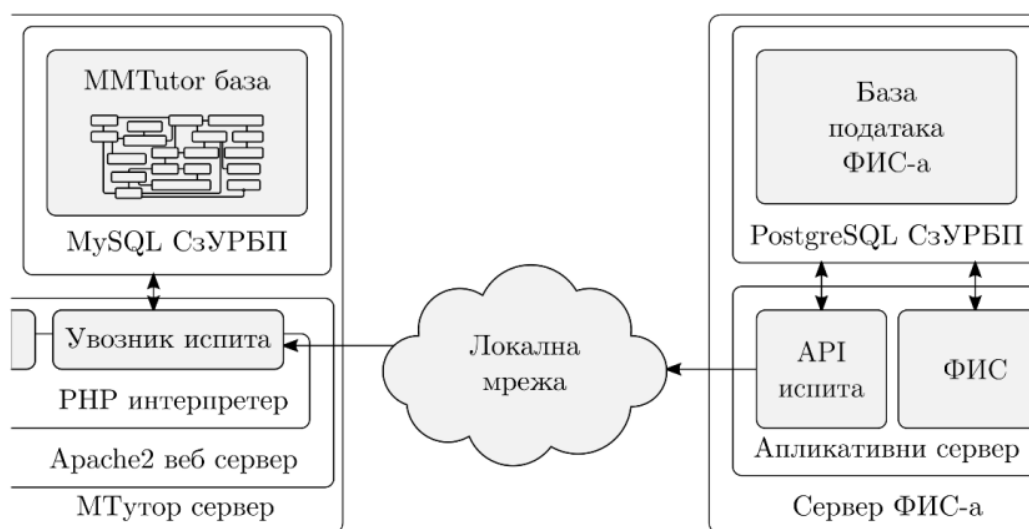
Svaka aktivnost studenta ili nastavnika u aplikaciji se beleži, a pravi se i dnevnik promena i događaja koji su nastali u vezi sa svakim testom i svakim radom studenta. Ovi podaci se koriste za kontrolu, ali i analitiku.

Podaci o ispitnom rokovima i prijavama ispita studenata, u bazu se uvoze iz fakultetskom informacionog sistema, posredstvom posebne veze, koja je za te potrebe obezbeđenja i razvijena i ostvarena u zatvorenoj mreži između dva servera.

6.1.1.4 Veza sa informacionim sistemom

Aplikacija za elektronsko testiranje je povezana sa fakultetskim informacionim sistemom. Posredstvom ove veze, aplikacija doprema potrebne podatke za svoj rad, kao što su podaci o nalogima studenata, podaci o izvršenim prijavama ispita na predmetima u toku ispitnih rokova itd. Među podacima o studentima se nalaze podaci o tome da li su studenti uključeni u posebne programe podrške, kao što je program podrške zaposlenim studentima, za koje nastavnici mogu da obezbede popodnevni rok za izlazak na ispit, nakon radnog vremena, kada mogu da polažu testove, za koji nastavnici mogu da podeše test tako da bude onemogućeno pokretanje testa studentima koji nisu uključeni u program podrške zaposlenim studentima.

Aplikacija automatski, u unapred određenim trenucima u toku svakog dana, preuzima potrebne podatke iz informacionog sistema i pravi neophodne promene u bazi podataka kako bi uskladila svoj rad sa propisanim pravilima. Veza sa informacionim sistemom je ostvarena kroz lokalnu mrežu unutar zgrade ustanove u kojoj su skućeni i server aplikacije za elektronsko testiranje i server fakultetskog informacionog sistema, a razmena podataka se vrši jednosmerno dopremanjem isključivo unapred određenih podataka od servera fakultetskog informacionog sistema aplikaciji za elektronsko testiranje. Veza je obezbeđena šifrovanom razmenom podataka i nije dostupna ni korisniku koji ima ulogu administratora nad aplikacijom.



Слика 6 - Вежа MTutor-a i FIS-a за пренос података о испитима и пријавима

Слика 6 приказује везу између сервера на којем се извршава MTutor апликација и сервера на којем се извршава факултетски информациони систем. На серверу FIS-a је обезбеђен посебан једносмерни веб сервис који у шифрованој размени података преноси податке о пријавима испита студената, које посебан програм, који се извршава независно од апликације MTutor уводи у базу података MTutor апликације. Овај процес преноса података се аутоматски извршава неколико пута на дан, али га је могуће и ручно покренути из администраторског дела апликације MTutor. Осим што је шифрована, размена података је могућа искључиво у локалној мрежи између сервера MTutor апликације и сервера FIS-a, која је изолована.

6.1.2 Приказ рада програма за електронско тестирање

О овом одељку су приказани описи појединачних случајева коришћења апликације за електронско тестирање из угла три наведене улоге корисника. Подразумева се да корисници имају одговарајуће приступне податке и права приступа посебним деловима апликације са одговарајућих извора саобраћаја кроз рачунарску мрежу, у односу на сервер на којој је покренута апликација.

6.1.2.1 Управљање основним поставкама

Корисник са улогом администратора има задатак да на почетку рада апликације за електронско тестирање изврши све припреме и podešavanja која подразумевају унос података о факултетима за које је употреба апликације за електронско тестирање стављена на располагање, да отвори наставничке нaloge, да направи предмете које дodeljuje наставницима и да пusti у рад апликацију за електронско тестирање за приступ из локалне и из јавне мреже. Једном наставнику може бити дodeljeno више предмета и један предмет може да има више наставника којима је дodeljen.

6.1.2.2 Sastavljanje pitanja

Pošto korisnik sa ulogom administratora pripremi fakultete i dodeli napravljene predmete nastavnicima, nastavnici u okviru svojih predmeta mogu da prave oblasti, koje predstavljaju celine gradiva za koje se vrši testiranje. Svaka oblast može sadržati jedno ili više pitanja, a pitanja sadrže dva ili više ponuđenih odgovora. Najveći broj ponuđenih odgovora nije ograničen, ali se primenjuju smernice iz istraživanja koja su utvrdila prikladan broj odgovora za pitanja, zavisno od toga da li pitanja imaju jedno ili više tačnih, među ponuđenim odgovorima [199, 205]. Sadržaj pitanja je načelno tekstualan, s tim da podržava upotrebu *HTML* koda, kojim se stavljaju na raspolaganje upotreba ugrađenih delova kao što su slike, tabele itd. Aplikacija za elektronsko testiranje ne podržava uvezivanje spoljašnjih datoteka u tekst pitanja. Sadržaji kao što su slike moraju da budu ugrađene u sam tekst pitanja u obliku koji je za to predviđen. Za ovu vrstu ugrađivanja slika u tekst pitanja, koristi se navođenje kodiranog sadržaja datoteke slike sa pripadajućom oznakom vrste slike u polju izvora oznake `<img>` [259].

Додавање питања

Питање

Koji od odgovora sadrži prikaz moda direktorijuma ili datoteke čije privilegije su opisane sledećim tekstom:

U pitanju je direktorijum nad kojim vlasnik ima pravo listanja strukture, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada direktorijum nemaju nikakva prava i ostali korisnici na sistemu imaju prava listanja i menjanja strukture.

Mod može biti izražen numerički ili tekstualno.

(Bez obzira na to da li je kombinacija privilegija upotrebljiva/moguća za datoteku ili direktorijum ili ne!)

Одговори

406	☒
-r----xrw-	☐
-r--rwxrw-	☐
401	☐
402	☐
-r--r-xrw-	☐

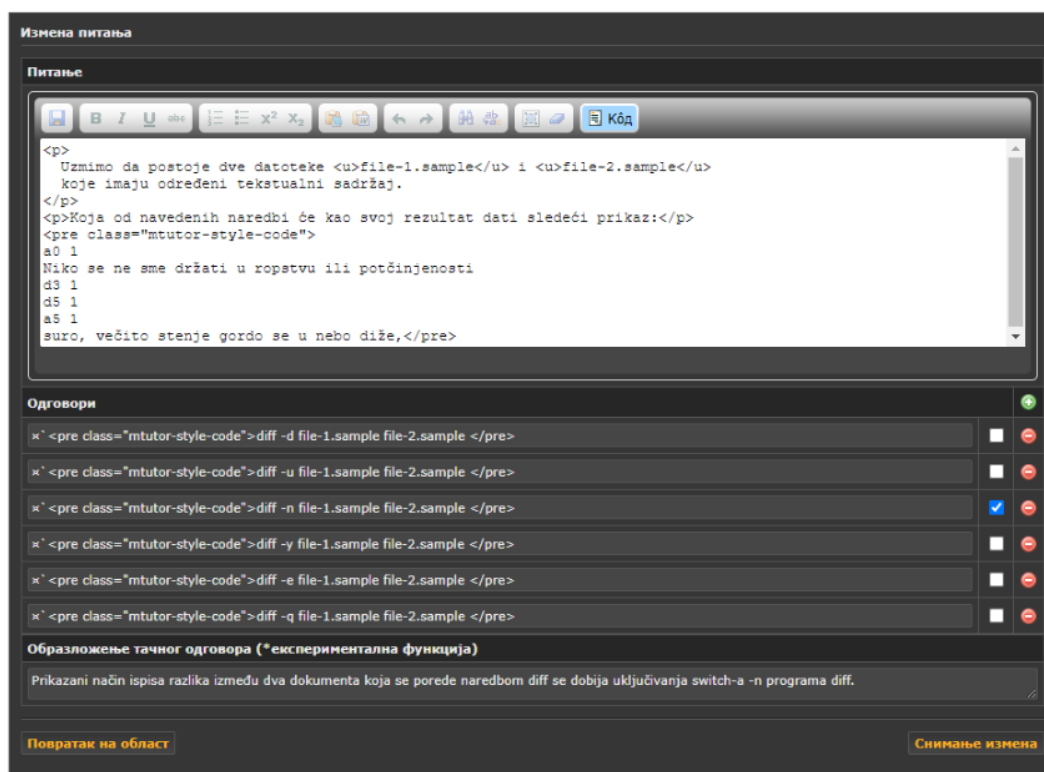
Образложење тачног одговора

S obzirom na to da ni jedan od tekstualnih prikaza ne odgovara direktorijumu, jer počinju simbolom - (minus) koji označava obične datoteke, ti odgovori svakako nisu tačni. Od preostalih odgovora, koji imaju numerički prikaz privilegija, ako primetimo da sva tri počinju sa 40x, treba da posmatramo samo poslednju cifru, koja u ovom zapisu privilegija određuje privilegije koje se odnose na sve ostale korisnike sistema koji nisu vlasnik (prva cifra) ili grupa kojoj stavka pripada (druga cifra). U tekstu je naznačeno da svi ostali korisnici sistema imaju prava listanja i menjanja strukture direktorijuma, što je za direktorijume moguće odrediti dodeljivanjem privilegija R i W, ali se ne pominje izričito da treba da imaju pravo da promene svoju radnu putanju u ovaj direktorijum, što bi bilo moguće privilegijom X. Prema tome, R i W odgovaraju vrednostima 4 i 2, što je ukupno 6 za tu poziciju, te je odgovor 406 tačan.

Повратак на област **Додавање питања**

Slika 7 - Prikaz forme za dodavanje novog pitanja

Prilikom dodavanja novog pitanja, nastavnik ima mogućnost da odabere da li želi da upiše tekst pitanja u obliku prostog teksta ili da koristi *HTML*. Slika 7 prikazuje izgled forme za dodavanje, gde se vidi dugme označeno tekстом "Kod" koje omogućava promenu ovog moda unosa teksta pitanja. Prilikom unosa ponuđenih odgovora, nastavnik može da doda mesto za jedan ili više ponuđenih odgovora, kao i da obriše mesta za ponuđene odgovore koja su suvišna za trenutno pitanje. Na slici Slika 7, prikazano je okruglo zeleno dugme sa znakom plus, kojim se dodaje novi ponuđeni odgovor, dok pored svakog odgovora postoji okruglo crveno dugme sa znakom minus kojim je svaki pojedinačni ponuđeni odgovor moguće ukloniti. Ne može biti manje od dva ponuđena odgovora, niti više od 32, iako ovaj broj ponuđenih odgovora nikada nije upotrebljen u aplikaciji. Polje odgovora podrazumevano podržava unos prostog teksta, s tim da iz navođenje posebnog znaka na prvom mestu teksta ponuđenog odgovora, može da učini da se aplikacija prema unetom tekstu ponuđenog odgovora ophodi kao da je *HTML* i da ga prikaže na ispravan način.



Измена питања

Питање

Uzmimo da postoje dve datoteke `file-1.sample` i `file-2.sample` koje imaju određeni tekstualni sadržaj.

Koja od navedenih naredbi će kao svoj rezultat dati sledeći prikaz:

```

a0 1
Niko se ne sme držati u ropstvu ili potčinjenosti
d3 1
d5 1
a5 1
suro, većito stenje gordo se u nebo diže,

```

Одговори

- ☐ `diff -d file-1.sample file-2.sample`
- ☐ `diff -u file-1.sample file-2.sample`
- ☒ `diff -n file-1.sample file-2.sample`
- ☐ `diff -y file-1.sample file-2.sample`
- ☐ `diff -e file-1.sample file-2.sample`
- ☐ `diff -q file-1.sample file-2.sample`

Образложење тачног одговора (*експериментална функција)

Prikazani način ispisu razlika između dva dokumenta koja se porede naredbom diff se dobija uključivanja switch-a -n programa diff.

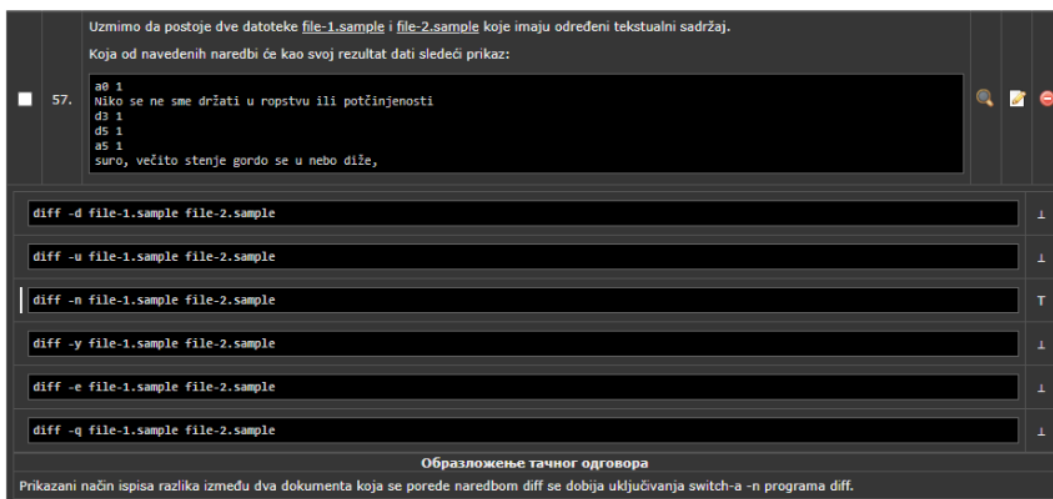
Повратак на област Снимање измена

Slika 8 - Prikaz forme u kojoj i tekst pitanja i odgovora čini *HTML* kod

Osim što je ranije naznačeno da pitanje može imati *HTML* kod, klikom na dugme za prikaz koda teksta pitanja čija neposredna izmena je tako moguća, za unos *HTML* koda za tekst odgovora, potrebno je u polje odgovora, na sam početak, prvo uneti dva posebna znaka, nakon kojih sledi *HTML* kod teksta odgovora.

Znakovi koji treba da se unesu su znak valute ₺ (u *Unicode* kodnoj šemi U+00A4) i znak za kratkouzlazni akcenat ` (u *Unicode* u kodnoj šemi U+0060). Ova dva znaka su odabrana, jer ne mogu slučajno da se nađu u tekstu, a za njihov unos na tastaturi, potrebno je prvo koristiti na srpskom rasporedu tastera kombinaciju tastera desni *Alt* i taster za slovo *Ž*, pa zatim promeniti raspored tastera na američki engleski i pritisnuti taster koji se nalazi levo od tastera za cifru 1, iznad slovnog dela tastature. Kako je skoro nemoguće slučajno izvršiti unos ova dva znaka, oni su odabrani za označavanje da sadržaj teksta odgovora treba tumačiti kao *HTML*, a ne tekst.

U skladu sa ovime, sadržaji pitanja i odgovora 57 podrazumevano prost tekst, a unosom posebnih znakova za označavanje mogu da se podese da se aplikacija prema njima ophodi kao prema *HTML* kodu i da ih na potreban način obradi i prikaže.



Slika 9 - Prikaz pitanja čiji su i postavka i ponuđeni odgovori *HTML*

Slika 9 prikazuje kako u nastavničkom delu MTutor aplikacije izgleda pregled sastavljenog pitanja koje se prikazuje u listi svih pitanja koja pripadaju određenoj oblasti predmeta na kojem je angažovan nastavnik.

Za svaki ponuđeni odgovor, nastavnik obeležava da li je u pitanju tačan ponuđeni odgovor ili ne. Pitanje može imati najmanje jedan od ponuđenih odgovora koji je obeležen kao tačan. Takođe, nastavnik može da obeleži sve ponuđene odgovore kao tačne. Ovaj slučaj je redak i nije preporučen.

S obzirom na to da aplikacija neće sama prikazati studentima koliko odgovora od ponuđenih je tačno, u slučajevima kada postoje barem dva tačna odgovora među ponuđenima, nastavnik može da odluči da taj podatak stavi kao napomenu u tekstu pitanja. Baza podataka za elektronsko testiranje nameće određena ograničenja u pogledu dužine teksta pitanja i pojedinačnih ponuđenih odgovora. Tekstovi pitanja i ponuđenih odgovora su ograničeni na 2^{16} bajtova (64 kilobajta) teksta kodiranog *UTF-8* načinom kodiranja promenljive širine.

6.1.2.3 Primeri sastavljenih pitanja

175

Kao što je opisano u prethodnom odeljku ovog poglavlja, rešenje za automatizovano pregledanje elektronskih testova podržava isključivo vrstu pitanja sa ponuđenim odgovorima, gde je moguće da postoji jedan ili više odgovora koji su obeleženi kao tačni. Tekst pitanja, kao i tekstovi odgovora mogu da sadrže *HTML* kodove pomoću kojih je moguće ugraditi ilustracije, tabele i druge ilustracije koje obezbeđuju više mogućnosti za sastavljanje složenih vrsta pitanja, dokle god se ona uklapaju u okvire pitanja sa više ponuđenih odgovora. U nastavku je dato nekoliko primera takvih pitanja.

Pored ponuđenih odgovora je navedena oznaka T ili ⊥ koja označava da li je ponuđeni odgovor pitanja obeležen kao tačan. Moguće je da postoji više odgovora koji su označeni kao tačni oznakom T.

Iako postoji mogućnost da svi ponuđeni odgovori u jednom pitanju budu tačni, ovaj pristup nije korišćen prilikom sastavljanja pitanja.

1. Primer pitanja za proveru poznavanja naredbi za kretanje kroz stablo datoteka i direktorijuma:

Koji od navedenih odgovora je ispravan poziv naredbe kojom se radni direktorijum postavlja na direktorijum sa imenom *Projekat*, koji se nalazi unutar trenutnog radnog direktorijuma?

- | | |
|---------------------|---|
| ▪ cd Projekat | T |
| ▪ cd ../Projekat | ⊥ |
| ▪ cd .Projekat | ⊥ |
| ▪ cd ../../Projekat | ⊥ |
| ▪ cd /Projekat | ⊥ |
| ▪ cd ../Projekat | ⊥ |

2. Primer pitanja za proveru poznavanja naredbi za brisanje datoteka i direktorijuma:

Koji od navedenih odgovora je ispravan poziv naredbe kojom se u direktorijumu *Test*, koji se nalazi u samom korenu matičnog direktorijuma prijavljenog korisnika, briše direktorijum sa imenom *Projekat*, pod pretpostavkom da, ako postoji, da taj direktorijum nije prazan?

- | | |
|--------------------------|---|
| ▪ rm -rf ~/Test/Projekat | T |
| ▪ rmdir ~/Test/Projekat/ | ⊥ |
| ▪ rm ~/Test/Projekat/ | ⊥ |
| ▪ rm -rf Test/Projekat | ⊥ |
| ▪ rmdir Test/Projekat/ | ⊥ |
| ▪ ckear Test/Projekat | ⊥ |
| ▪ rm Test/Projekat/ | ⊥ |

3. Primer pitanja za proveru poznavanja preusmeravanja izlaza naredbe u datoteku i poznavanja sistemskih datoteka uređaja.

Koji od navedenih odgovora je ispravan poziv naredbe kojom se potpuno briše sav sadržaj datoteke (prazni se) koja se zove *Projekat* (pod pretpostavkom da datoteka postoji i da nije prazna), ako se ona nalazi u korenu korisničkog direktorijuma (matičnom direktorijumu prijavljenog korisnika)?

- | | | |
|-----|-------------------------------|---|
| 104 | cat /dev/null > ~/Projekat | T |
| 104 | cat /dev/null > Projekat | ⊥ |
| 104 | cat /dev/null >> ~/Projekat | ⊥ |
| 104 | cat /dev/null >> Projekat | ⊥ |
| | rm ~/Projekat | ⊥ |
| | rm Projekat | ⊥ |
| | cat /dev/random > ~/Projekat | ⊥ |
| | cat /dev/random > Projekat | ⊥ |
| | cat /dev/random >> ~/Projekat | ⊥ |
| | cat /dev/random >> Projekat | ⊥ |

4. Primer pitanja za proveru poznavanja tumačenja prikaza privilegija datoteka i direktorijuma u listingu stavke:

Ispod je prikazan deo listinga datoteka i direktorijuma.

```
----rwxrwx mtair singidunum 1 dokument
```

Koja tvrdnja je tačna za prikazanu stavku?

- U pitanju je datoteka nad kojom korisnik *mtair* nema nikakva prava, korisnici koji pripadaju grupi *singidunum* imaju prava čitanja, pisanja i izvršavanja i ostali korisnici na sistemu imaju prava čitanja, pisanja i izvršavanja. T
- U pitanju je direktorijum nad kojim korisnik *mtair* ima prava listanja strukture i promene radnog direktorijuma u ovaj direktorijum, korisnici koji pripadaju grupi *singidunum* imaju prava listanja i menjanja strukture i promene radnog direktorijuma u ovaj direktorijum i ostali korisnici na sistemu nemaju nikakva prava. ⊥
- U pitanju je datoteka nad kojom korisnik *mtair* ima prava čitanja, pisanja i izvršavanja, korisnici koji pripadaju grupi *singidunum* imaju prava čitanja, pisanja i izvršavanja i ostali korisnici na sistemu nemaju nikakva prava. ⊥
- U pitanju je datoteka nad kojom korisnik *mtair* ima prava čitanja, pisanja i izvršavanja, korisnici koji pripadaju grupi *singidunum* nemaju nikakva prava i ostali korisnici na sistemu nemaju nikakva prava. ⊥
- U pitanju je direktorijum nad kojim korisnik *mtair* ima prava listanja i menjanja strukture i promene radnog direktorijuma u ovaj direktorijum, korisnici koji pripadaju grupi *singidunum* imaju prava listanja strukture i promene radnog direktorijuma u ovaj direktorijum i ostali korisnici na sistemu imaju prava listanja strukture i promene radnog direktorijuma u ovaj direktorijum. ⊥

5. Primer pitanja za proveru poznavanja znakovnih i brojčanih izraza koji opisuju privilegije (môd) datoteka i direktorijuma:

Koji od odgovora sadrži prikaz moda direktorijuma ili datoteke čije privilegije su opisane sledećim tekstom:

U pitanju je datoteka nad kojom vlasnik ima prava čitanja, pisanja i izvršavanja, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada datoteka nemaju nikakva prava i ostali korisnici na sistemu imaju pravo čitanja.

Môd može biti izražen brojčano ili znakovno, a odgovor može da bude tačan ¹⁷⁹ bez obzira na to da li su navedene privilegije upotrebljive/moguće za datoteku ili direktorijum ili ne!

▪ -rwx--r--	T
▪ -rwxrwxr--	⊥
▪ ---x-----	⊥
▪ 707	⊥
▪ 004	⊥
▪ drwxr-xr--	⊥

6. Primer pitanja za proveru poznavanja rada naredbe za promenu privilegija datoteka i direktorijuma:

Postoji stavka u listingu datoteka i direktorijuma:

```
-rw -rw-rwx-wx mtair singidunum 3412 ime_datoteke
```

Izvršena je sledeća naredba promene privilegija nad stavkom:

```
chmod g-wx,o+r,o-x ime_datoteke
```

Koji od navedenih odgovora predstavlja tačan opis novog stanja stavke nakon izvršavanja navedene naredbe?

Odgovor može biti tačan čak iako navedene privilegije nisu upotrebljive/moguće za datoteku ili direktorijum.

- U pitanju je datoteka nad kojom vlasnik ima prava čitanja i pisanja, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada datoteka imaju pravo čitanja i ostali korisnici na sistemu imaju prava čitanja i pisanja. T
- U pitanju je datoteka nad kojom vlasnik ima prava čitanja i pisanja, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada datoteka imaju prava čitanja, pisanja i izvršavanja i ostali korisnici na sistemu imaju prava čitanja i pisanja. ⊥
- U pitanju je datoteka nad kojom vlasnik ima prava čitanja i pisanja, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada datoteka imaju prava čitanja i izvršavanja i ostali korisnici na sistemu imaju pravo da pišu u datoteku i imali bi prava da izvrše datoteku da mogu da je čitaju. ⊥

- U pitanju je datoteka nad kojom vlasnik ima prava čitanja i pisanja, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada datoteka imaju pravo čitanja i ostali korisnici na sistemu imaju pravo da pišu u datoteku i imali bi prava da izvrše datoteku da mogu da je čitaju. ⊥
- U pitanju je datoteka nad kojom vlasnik ima prava čitanja i pisanja, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada datoteka nemaju nikakva prava i ostali korisnici na sistemu imaju pravo da pišu u datoteku i imali bi prava da izvrše datoteku da mogu da je čitaju. ⊥
- U pitanju je datoteka nad kojom vlasnik ima prava čitanja i pisanja, korisnici koji pripadaju grupi kojoj pripada datoteka imaju pravo da pišu u datoteku i imali bi prava da izvrše datoteku da mogu da je čitaju i ostali korisnici na sistemu imaju pravo čitanja. ⊥

7. Primer pitanja za proveru poznavanja rada naredbe za listanje sadržaja direktorijuma i poznavanje načina izdvajanja stavki iz liste na osnovu prostog obrasca:

Ishod naredbe `ls -alFd *` je prikazan u listingu:

```
dr-x----- 1 milantex milantex      512 Oct 24 15:57 alati.li/
drwxr-x--- 1 milantex milantex      512 Oct 24 17:02 android/
-rw-r----- 1 milantex milantex    80698 Oct 24 15:07 apk.db
-rw-r----- 1 milantex singidunum 238080 Oct 24 14:49 app.db
drwx----- 1 milantex singidunum    512 Oct 24 14:48 dokumentacija/
-rw-rw-rw- 1 milantex milantex         0 Oct 24 15:56 host.txt
-rw-rw-rw- 1 milantex milantex         0 Oct 24 15:56 hoteli
-rw-r--r-- 1 milantex singidunum    424 Oct 24 14:49 ispit
drwxr-x--- 1 milantex singidunum    512 Oct 24 14:48 ispiti/
-rw-rw---- 1 milantex milantex         0 Oct 24 15:59 proba.txt
drwxr-x--- 1 milantex singidunum    512 Oct 24 14:48 projekti/
-rw-r----- 1 milantex singidunum   1677 Oct 24 14:49 seminarski.list
-rw-r----- 1 milantex singidunum     80 Oct 24 14:52 studenti.dat
-rw-r----- 1 milantex singidunum     80 Oct 24 14:49 studenti.txt
```

Koji od navedenih odgovora prikazuje naredbu koja će kao svoj rezultat dati sledeći listing:

```
-rw-r----- 1 milantex singidunum 80 Oct 24 14:49 studenti.txt
```

- `s?*t?.txt` ⊥
- `?a*` ⊥
- `i*?` ⊥
- `alati.li` ⊥
- `*?d` ⊥
- `ho*` ⊥

8. Primer pitanja za proveru poznavanja rada naredbe za pronalaženje razlika u tekstualnom sadržaju dve datoteke koje se porede naredbom. Upotreba naredbe *diff*:

Postoje dve datoteke *file-1.sample* i *file-2.sample* koje imaju određeni tekstualni sadržaj.

Koja od navedenih naredbi će kao svoj rezultat dati sledeći prikaz:

```

201      magla pokrije ravni i vlagom ispuni zrak!
158      niko se ne može primorati da pripada nekom udruženju.
.
188      Oprosti meni grešne zalute, Santa Maria della Salute
.
```

- `diff -d file-1.sample file-2.sample` ⊥
- `diff -u file-1.sample file-2.sample` ⊥
- `diff -n file-1.sample file-2.sample` ⊥
- `diff -y file-1.sample file-2.sample` ⊥
- `diff -e file-1.sample file-2.sample` ⊥
- `diff -q file-1.sample file-2.sample` ⊥

9. Primer pitanja za proveru poznavanja rada naredbe za pronalaženje datoteka i direktorijuma u stablu datoteka i direktorijuma sistema. Upotreba naredbe *find*:

Koja od navedenih naredbi će pronaći sve datoteke koje su manje od 4000 bajtova, imaju ekstenziju *.txt* i pripadaju korisniku *student* i nalaze se u matičnom direktorijumu korisnika *student*?

- `find /home/student/ -type f -size -4000c -name "*.txt" -user student` ⊥
- `find /home/student/ -size -4000c -name "*.txt"` ⊥
- `find /home/student/ -type d -size -4000c -name "*.txt" -user student` ⊥
- `find /home/student/ -type f -size 4000c -name "*.txt" -user student` ⊥
- `find /home/student/ -size -4000c name "*.txt"` ⊥
- `find /home/student/ -type d -size 4000c -name "*.txt"` ⊥

10. Primer pitanja za proveru poznavanja rada naredbe i programa za binarno napredno kopiranje i konvertovanje sadržaja između datoteka i uređaja. Upotreba naredbe *dd*:

Potrebno je napraviti datoteku *samples.vdim* čija veličina je 1,13KB. Korišćenjem naredbe *dd*, moguće je napraviti takvu datoteku. Naredbi *dd* je potrebno definisati vrednosti za njene parametre. Koji od navedenih odgovora će napraviti opisanu datoteku?

- `dd bs=9 count=128 if=/dev/zero of=samples.vdim` T
- `dd of=/dev/zero if=samples.vdim bs=128 count=13` ⊥
- `dd of=/dev/zero if=samples.vdim bs=128 count=6` ⊥
- `dd bs=10 count=128 of=/dev/zero if=samples.vdim` ⊥
- `dd if=/dev/zero of=samples.vdim bs=8 count=128` ⊥
- `dd if=/dev/zero of=samples.vdim bs=12 count=128` ⊥

11. Primer pitanja za proveru poznavanja načina deljenja diskova na particije korišćenjem programa *fdisk*:

Potrebno je novi disk od ukupno 96GB podeliti na particije korišćenjem *GPT* standarda za deljenje memorijskog prostora, tako da se dobije disk sledećeg oblika:

96GB	
78GB	18GB

Za deljenje diska na particije se koristi programa *fdisk*.

Koji od navedenog niza koraka (unetih vrednosti i tastera) će kao ishod njihovog izvršavanja u programu *fdisk* učiniti da na kraju disk bude podeljen na način koji je prikazan?

[E] predstavlja taster [Enter].

- `g [E] n [E] [E] [E] +78G [E] n [E] [E] [E] +18G [E] w [E] q [E]` T
- `o [E] n [E] [E] [E] 1 [E] +78G [E] [E] [E] [E] +18G [E] w [E] q [E]` ⊥
- `n [E] [E] [E] +78M [E] [E] [E] [E] g [E] p [E] q [E]` ⊥
- `n [E] 1 [E] [E] [E] +78M [E] [E] 18G [E] w [E] q [E]` ⊥
- `g [E] n [E] [E] [E] 78G [E] n [E] [E] [E] +18G [E] g [E] q [E]` ⊥
- `o [E] t [E] n [E] [E] [E] +78G [E] n [E] [E] [E] +18M [E] w [E] q [E]` ⊥

12. Primer pitanja za proveru poznavanja načina deljenja ekrana u konzolnom okruženju korišćenjem programa *screen*.

Korišćenjem programa *screen*, potrebno je podeliti ekran konzole tako da se dobije organizacija prikazana u nastavku.

Koji od navedenih nizova tastera na tastaturi će obezbediti podelu ekrana koja je prikazana u nastavku?

^ predstavlja taster [Ctrl], veliko slovo je otkucano sa tasterom [Shift], → predstavlja taster [Tab].

- 5
- ^A | ^A | ^A S ^A S T
 - ^A | ^A → ^A | ^A → ^A S ^A S ⊥
 - ^A | ^A → ^A | ^A → ^A S ^A | ⊥
 - ^A | ^A | ^A | ^A S ^A S ⊥
 - ^A | ^A S ⊥
 - ^A | ^A S ^A | ⊥

13. Primer pitanja za proveru poznavanja upravljanja procesima:

Postoji skripta u datoteci *vazan-program.sh* koju treba pokrenuti da se izvrši. Međutim, skripti je potrebno 10 minuta da se završi, pa smo skriptu pokrenuli tako da se izvršava u pozadini, da bi nama konzola ostala slobodna za rad. Sada je potrebno u potpunosti prekinuti rad te skripte, bez obzira na to što se nije završila. Skripta je jedini proces u pozadini. Koji od navedenih koraka su mogući načini da se ovo obavi?

- Pokrenemo `fg %1`, a zatim pritisnemo `Ctrl+Z` T
- Pokrenemo `kill %1` T
- Pokrenemo `fg %1`, a zatim pritisnemo `Ctrl+Z` ⊥
- Pokrenemo `fg %1` ⊥
- Pokrenemo `bg %1` ⊥
- Pokrenemo `kill vazan-program.sh` ⊥

14. Primer pitanja za proveru poznavanja upravljanja nalogima korisnika na operativnom sistemu:

Potrebno je da napravite korisnički nalog za novog korisnika koji će imati *sudo* privilegije i koji će koristiti *zsh* terminal. Korisnik treba da se zove *student*. Koja od navedenih naredbi će obaviti navedeni posao?

- | | |
|---|---|
| ▪ <code>useradd -d /home/student -m -G sudo
-s /bin/zsh student</code> | T |
| ▪ <code>useradd -c "Student" -d /home/student -m
-G sudo -z /bin/zsh student</code> | ⊥ |
| ▪ <code>useradd -c "Student" -d /home/student -m
-G sudo -z /bin/sh student</code> | ⊥ |
| ▪ <code>useradd -d /home/student -m -G sudo
-s /bin/sh student</code> | ⊥ |
| ▪ <code>useradd -d /home/student -m -g sudo
-s /bin/zsh student</code> | ⊥ |
| ▪ <code>useradd -c "Student" -d /home/student
-m -g sudo -z /bin/sh student</code> | ⊥ |

6.1.2.4 Obrazloženje tačnog odgovora

Jedna od posebnih svojstava pitanja je mogućnost da nastavnik koji sastavlja pitanje, uz njegov sadržaj i spisak ponuđenih odgovora unese i obrazloženje tačnog odgovora. Ovo polje nije obavezno i može da se koristi u svrhu sastavljanja pitanja za testove koji će biti određeni kao aktivnost, a ne kao kolokvijum ili ispitni test. Ukoliko je test tako podešen, na kraju rada, studentu mogu da budu prikazana sva pitanja na koja je odgovarao, sa označenim odgovorima koje je označio kao tačne, ali i sa istaknutom oznakom odgovora koji su zaista tačni za to pitanje. Uz prikaz pitanja i odgovora, ako ga pitanje poseduje, biće prikazano i obrazloženje tačnog odgovora. Jedan od značajnih uloga ovog svojstva se ogleda u slučajevima kada je u pitanju rad testa za ocenjivanje usvojenih znanja sa časa, za koje studenti stiču bodove za aktivnosti na nastavi, tako da se osim utvrđivanja stepena usvojenih znanja sa časa, koji se boduju, studentima omogućiti da tada, nakon testa, pročitaju obrazloženje tačnih odgovora, tako da deo gradiva koje nisu dobro razumeli, savladali i usvojili tokom časa, imaju priliku da odmah tada, nakon testa, obnove. Iako ovo istraživanje nije obuhvatilo ovu mogućnost aplikacije MTutor, te ne postoje podaci koji bi potvrdili ovaj stav, autor smatra da je obrazloženje tačnog odgovora za ovakve namene od velikog značaja za studente i da im dodatno pomaže u savladavanju gradiva. Autor dodatno smatra da se ovime aplikaciji za elektronsko testiranje daje i uloga sredstva za podršku učenju, te da ona više nije samo alat za utvrđivanje stepena usvojenih znanja i stečenih radnih veština.

6.1.2.5 Priprema i zadavanje testa

Nakon što nastavnik u bazu podataka aplikacije unese sva potrebna pitanja sa ponuđenim odgovorima sa jednim ili više tačnih od ponuđenih, koja su raspoređena po oblastima, pristupa pripremi i određivanju postavki testa koji zadaje studentima. Test je određen nazivom, datumom i vremenom početka i završetka, kao i vremenom trajanja testa. Vreme početka testa je trenutak kada studenti najranije mogu da pokrenu test.

Vreme trajanja je vreme koje je studentima stavljeno na raspolaganje za rad od trenutka kada pokrenu test. Vreme početka sabrano sa vremenom trajanja mora da bude manje od vremena završetka testa.

Vreme završetka testa može da bude duže od vremena početka testa sabranog sa vremenom trajanja testa. Ovo omogućava studentima da imaju više vremena od trenutka početka testa do trenutka kada sami pokrenu test. Nastavnik u postavkama testa može da odredi i najveći dozvoljeni broj pokušaja. Podrazumevano, kao i u najvećem broju slučajeva, najveći dozvoljeni broj pokušaja se postavlja tako da student može test da pokrene samo jednom. Nastavnik može da podesi koliko pitanja po stranici treba prikazati studentu. Podrazumevano je da se studentima uvek prikazuje jedno pitanje po stranici, s tim da u posebnim okolnostima i za posebne potrebe testiranja, ovo podešavanje može da bude promenjeno. Nastavnik može da odredi da li studentima na kraju rada treba da budu prikazani tačni odgovori. Ova opcija je na raspolaganju prilikom zadavanja testova za vežbanje ili prilikom zadavanja testova za aktivnosti na nastavi kojima se utvrđuje stepen usvojenih znanja na kraju časa, uz davanje mogućnosti studentima da sami vide kod kojih pitanja su napravili greške. Za svaki test je neophodno odrediti da li je u pitanju ispitni test, kolokvijumski test ili test za aktivnosti na nastavi. Ako je vrsta testa ispitni test, student takav test ne može da pokrene ukoliko je u toku ispitni rok, a da student za ispit kojem pripada test nema važeću prijavu ispita. Takođe, za ovu vrstu testova se primenjuje poseban način vrednovanja ishoda ocenjivanja, tako da se uvek prikazuje broj bodova koje je student ostvario na testu. Izvan ispitnih rokova, pokretanje ove vrste testova je nemoguće. Ako je vrsta testa kolokvijum, student može da pokrene test u toku ispitnog roka samo ako ima važeću prijavu ispita za predmet kojem pripada test, s tim da se u tom slučaju primenjuje način vrednovanja ishoda testiranja tako da se broj bodova prikazuje studentu samo ukoliko je položio kolokvijum. U suprotnom će studenti biti prikazano da je pao kolokvijum. Prag za prolaznosti na kolokvijumu je ostvarena polovina broja bodova na testu. Za testove čija vrsta je podešena na aktivnost, ne primenjuje se nikakvo ograničenje za pokretanje, bez obzira na nepostojanje ispitne prijave u toku ispitnog roka. Ne postoje pragovi prolaznosti za ovu vrstu testova, a njihovi ishodi ocenjivanja mogu da se uzmu u obzir samo za vrednovanje učešća i rada na nastavi, koja se ocenjuje rešavanjem kratkih testova na kraju časa ili za dodatne aktivnosti koje mogu i ne moraju ulaziti u ukupnu ocenu na predmetu. Nastavnik može da izvrši dodatnu podelu prava pokretanja testa prema parnosti broja indeksa.

Prema tome, može da odredi da test u određenom trenutku mogu da pokrenu isključivo studenti sa parnim ili sa neparnim brojem indeksa. Ukoliko studenti test polažu preko Interneta, od kuće, odakle nije moguće vršiti neposredan nadzor, kao iz elektronskih učionica u zgradi ustanove, nastavnih može da odredi da aplikacija za elektronsko testiranje zahteva od studenata da prilikom pokretanja testa odobre pristup kameri. Aplikacija će u tom slučaju praviti redovne slike sa kamere i beležiti ih privremeno za vreme trajanja testa kako bi nastavnik mogao da ima uvid u to ko sedi za računarom na kojem je pokrenuta aplikacija za elektronsko testiranje. Konačno, nastavnih u osnovnim postavkama testa može da odredi da test mogu da pokrenu samo studenti koji su uključeni u program podrške zaposlenim studentima.

Nastavnici koriste ovu postavku prilikom stavljanja na raspolaganje dodatnog testa u popodnevnom terminu za studente za koje je ustanova obezbedila program podrške zaposlenim studentima.

Nakon podešavanja osnovnih postavki, nastavnik određuje po koliko pitanja će biti nasumično uzeto iz svake oblasti prilikom oblikovanja pojedinačnih testova za svakog studenta koji test pokrene. Nastavnici ne mogu da biraju ručno pojedinačna pitanja koja će biti studentima zadata na testovima, već mogu da odaberu po koliko pitanja iz svake oblasti treba da bude uzeto pseudo-nasumičnim izborom. Ukupan broj pitanja na testu zavisi od složenosti testa i razlikuje se od predmeta do predmeta i predstavlja zbir brojeva pitanja po oblastima koje nastavnik odredi za poseban test.

Na kraju, nastavnik određuje mesto polaganja testa koje može da bude jedna od elektronskih učionica u zgradi ustanove iz kojih se sa računara u učionicama kroz lokalnu mrežu pristupa serveru ili javna mreža, tj. pristupanje testu preko Interneta. Potvrđivanjem postavki, test se zakazuje i biće dostupan počev od datuma i vremena početka testa.

6.1.2.6 Pokretanje i rad testa

Da bi studenti mogli da pokrenu test, potrebno je da se prijave na aplikaciju odabirom svog fakulteta iz spiska ponuđenih i unosom svog broja indeksa. Nakon uspešne prijave, aplikacija studentu prikazuje spisak testova koji su u tom trenutku aktivni, tj. čije vreme početka testa je prošlo, a za koji još uvek postoji mogućnost početka rada, tj. trenutno vreme sabrano sa vremenom trajanja testa je manje od vremena za završetak testa.

Student pokreće test odabirom testa iz spiska ponuđenih i potvrdom namere pokretanja. Ukoliko je vrsta testa ispit, a u toku je ispitni rok, aplikacija proverava da li u fakultetskom informacionom sistemu postoji važeća prijava ispita za predmet kojem pripada test koji student namerava da pokrene.

Ukoliko nije u toku ispitni rok ili na datum testa ne postoji važeća prijava ispita za predmet kojem pripada test, aplikacija prikazuje poruku upozorenja i odbija da pokrene test. Ako je vrsta testa kolokvijum, a u toku je ispitni rok, vrši se ista provera kao kada je vrsta testa ispit. Ako nije u toku ispitni rok, aplikacija odobrava pokretanje testa. Za vrstu testa aktivnost, aplikacija ne sprovodi dodatne provere i odobrava pokretanje testa.

Ukoliko je nastavnik odredio da je za pokretanje testa neophodno odobravanje pristupa kameri, u slučaju rada preko Interneta, student mora da se složi da aplikaciji, u okviru Internet pregledača, odobri pristup kameri, kako bi aplikacija u određenim trenucima pravila i slala sliku sa kamere za privremeno prikazivanje tokom rada testa. Kada prođu sve provere i pripreme za početak rada, aplikacija konačno odobrava pokretanje postupka pripreme testa za studenta.

Za studenta se priprema test nasumičnim odabirom podešenog broja pitanja po oblastima, pitanja se ređaju proizvoljnim redom, kao i ponuđeni odgovori unutar svakog pitanja i studentu se prikazuje prvo pitanje ili prvih nekoliko pitanja, zavisno od toga da li je podešeno prikazivanje jednog ili više pitanja po stranici. Student obeležava one odgovore na pitanja za koje smatra da su tačni, za sva prikazana pitanja na stranici i šalje svoj odgovor.

Ukoliko ima još pitanja za prikaz, aplikacija ponavlja prikazivanje jednog ili više potrebnih pitanja do kraja testa. Kada su iskorišćena sva pripremljena pitanja za konkretan rad studenta, aplikacija automatski ocenjuje poslate odgovore, sabira stečeni broj bodova i utvrđuje koju poruku treba da prikaže, zavisno od vrste testa i ostvarenog broja bodova. U postupku ocenjivanja, ukoliko student pri obeležavanju odgovora obeleži barem jedan netačan od ponuđenih odgovora, aplikacija ne dodeljuje ni jedan bod za to pitanje. Ukoliko student ne obeleži ni jedan netačan od ponuđenih odgovora, ali ne obeleži ni sve tačne od ponuđenih odgovora, aplikacija vrednuje to pitanje brojem bodova srazmernom broju obeleženih tačnih u odnosu na ukupan broj tačnih među ponuđenim odgovorima, izraženo u postocima. Ukupan rezultat se sračunava kao zbir stečenih brojeva bodova. Po završetku rada testa, aplikacija vraća studenta na stranicu sa spiskom dostupnih testova. Student može da se odluči da pokrene naredni test ili da se odjavi sa aplikacije.

6.1.2.7 Pregled ishoda testiranja

Nastavnici imaju uvid u ishode testiranja studenata u okviru testova na svojim predmetima. Ishodi testiranja se čuvaju trajno i zbog očuvanja celovitosti podataka o radovima studenata, nikada ne mogu da budu obrisani. Nastavnik može da pregleda pojedinačne testove studenata i ima uvid u tačno i pogrešno odgovorena pitanja. Ishode testiranja za pojedinačne testove može da izveze u obliku nekoliko različitih vrsta datoteka, zavisno od potrebe, npr. za uvoz rezultata u fakultetski informacioni sistem ili za javno objavljivanje rezultata studentskih radova i testova. Aplikacija nije u mogućnosti da samostalno izvrši otpremanje rezultata testova studenata u fakultetski informacioni sistem, jer je razmena podataka jednosmerna i vrši se isključivo u smeru od fakultetskog informacionog sistema ka aplikaciji za elektronsko testiranje.

6.1.3 Ispunjenje potreba

U trenutku pisanja studije slučaja, okviri dostupnih mogućnosti koje stavlja na raspolaganje aplikacija za elektronsko testiranje studenata zadovoljava potrebe za neposrednu proveru stepena usvojenih znanja, ali i za posrednu proveru stepena stečenih radnih veština. Aplikacija omogućava lako sastavljanje i proširenje baze pitanja prilagođenih, kako za proveru stepena usvojenog znanja, tako i za proveru stepena stečenih radnih veština, kada su pitanja pripremljena na način koji podržava ovu drugu vrstu provere. Aplikacija omogućava povezivanje sa fakultetskim informacionim sistemom u ograničenoj meri, dovoljnoj da obezbedi prenos podataka o studentima i ispitnim rokovima u cilju sprovođenja posebnih provera i ograničenja mogućnosti pokretanja testova za studente koji, prama pravilima ustanove, nemaju prava da test pokrenu.

Mogućnost izvoza ishoda testiranja u datoteke čiji oblici su prilagođeni fakultetskom informacionom sistemu u velikoj meri olakšava rad nastavnicima i obezbeđuje zadovoljavanje potreba u smislu mogućnosti tačnog prenosa ocena testova pojedinačnih delova ispita u fakultetski informacioni sistem, bez mogućnosti ljudske greške usled ručnog prepisivanja rezultata testova.

6.1.4 Prednosti i mane

Iako aplikacija za elektronsko testiranje studenata sa automatskim ocenjivanjem testova u potpunosti zadovoljava potrebe za brzom i učinkovitim proverom stepena usvojenih znanja i u zadovoljavajućoj meri posrednu proveru stepena stečenih radnih veština studenata, ishod studije slučaja korišćenja ovog sopstvenog rešenja otkriva, pored svih prednosti i određene mane ovog rešenja. U ovom odeljku su prikazane prednosti i mane korišćenja ovog sopstvenog rešenja. Prednosti i mane su predstavljene iz ugla ustanove, tima programera koji rade na razvoju i usavršavanju aplikacije, administratora aplikacije, nastavnika i studenata. Prednosti i mane se dele na vrednosne i svojstvene. Vrednosne je moguće neposredno porediti, dok svojstvene služe da se utvrde osobine rešenja u odnosu na posredno merljivo iskustvo ili prethodno saznanje o nečemu što ono zaključak o nekom svojstvu predstavlja.

6.1.4.1 Prednosti

Glavna prednost aplikacije za elektronsko testiranje je njena mogućnost da obezbedi način za brzu i učinkovitu proveru i ocenjivanje stepena usvojenog znanja studenata koja se sprovodi automatski odmah po završetku rada testa. Trenutna dostupnost ishoda testiranja i prikaz ostvarenog broja bodova je svojstvena prednost iz ugla studenta, nastavnika i ustanove. Studentima je osigurana jasan i trenutni uvid u ishod ocenjivanja njihovog testa, bez bilo kakvog razlikovanja, posebnog odnosa ili uticaja prilikom ocenjivanja njihovog rada od strane ispitivača. Nastavnicima, koji u ovom smislu imaju ulogu ispitivača, obezbeđuje se trenutni ishod ocenjivanja studenata u trenutku završetka testa i uvid u sve ostvarene brojeve bodova koji su momentalno dostupni za preuzimanje za dalju obradu, a u cilju zaključivanja konačne ocene.

Nastavniku se uklanja teret sprovođenja ručnog ocenjivanja poslatih odgovora na zadata pitanja na testu, koje je moguće sprovesti po obrascu, jer su u pitanju pitanja zatvorene vrste, kakva jedino podržava ovo rešenje. Za ustanovu su prednosti učinkovitost celokupnog postupka sprovođenja testova, obezbeđivanje tačnosti ishoda testiranja, na zadovoljstvo studenata, ali i ukidanje nepotrebnih radnih zadataka sa nastavnika, zbog ukidanja potrebe za trošenje vremena na ručno ocenjivanje. Za nastavnike i ustanovu su posebne prednosti postojanje objedinjene baze svih ishoda testiranja studenata od početka, pa do kraja njihovih studija i postojanje mogućnosti sprovođenja testiranja u elektronskim učionicama u redovnim uslovima, kao i preko Interneta u vanrednim uslovima rada, kada je onemogućeno sprovođenje testiranja u zgradi ustanove, kao što je to bio slučaj od marta 2020. godine, usled proglašenja epidemije, pa pandemije nove bolesti *Covid-19*, izazvane virusom Korona.

Iz ugla nastavnika u ulozi ispitivača, postupak pripreme pojedinačnih testova za studente, gde se svakom studentu zadaje posebno upriličen test nasumičnim izborom pitanja, obezbeđuje sprečavanje mogućnosti zajedničkog rada i prepisivanja, kako u uslovima rada u elektronskoj učionici, usled nedovoljno temeljnog nadzora ili u uslovima rada od kuće, preko Interneta, istovremenim pokretanjem testova sa istog mesta. Obezbeđivanje nasumično odabranih pitanja koji redosled u testu je izmešan, kao i spisak njihovih ponuđenih odgovora, otežava prepisivanje za vreme rada testa i umanjuje značaj zajedničkog rada.

6.1.4.2 *Mane*

Osnovna mana aplikacije za elektronsko testiranje je njena osobina da proveru i ocenu stepena stečenih radnih veština može da sprovede samo posredno, korišćenjem načina koji su pogodniji za proveru i ocenu stepena usvojenog znanja. Iz ovog razloga, aplikacija za elektronsko testiranje nije uvek pogodna za predmete iz oblasti računarstva. Iz ugla nastavnika i ustanove, mana je što se svakim pokrenutim testom otkrivaju pitanja iz baze i time je svaki sledeći put studentima polaganje testa pamćenjem tačnih odgovora sve lakše, što vremenom umanjuje vrednost ovako dobijenih ocena i stvara obavezu neprekidnog sastavljanja novih pitanja, za koje često nema dovoljno novog sadržaja u gradivu koje se obrađuje na predmetu i u nastavnim sredstvima koja se koriste, a na kojima bi se zasnivala nova pitanja. Ovakvi slučajevi dovode u pitanje mogućnost dugoročne upotrebe ovakvog rešenja bez ulaganja napora i vremena u neprestano dodavanje novih pitanja. Iz ugla studenta na predmetima iz oblasti računarstva, mana je ta što kod primene načina provere znanja kakvu obezbeđuje aplikacija za elektronsko testiranje, nisu u mogućnosti da pouzdano pokažu svoje stečene radne veštine. U oblasti računarstva, a posebno u programiranju, važan deo je pokazivanje savladavanja radnih veština, koje studenti teže da prikažu sopstvenim radom. U ovakvim oblastima, rešavanje radnih zadataka je lakše u odnosu na tekstualno izražavanje u cilju dokazivanja da vladaju potrebnim veštinama. Dodatno teže od izražavanja u tom obliku je razumevanje teksta koji nisu sami sastavili.

Prema tome, za studente je nedostatak korišćenje ovakvog rešenja, koje se oslanja na upotrebu pitanja zatvorene vrste sa ponuđenim odgovorima, koje teži da njihove veštine oceni posredno, na način za koji se nisu spremali dok su samostalno učili i vežbali pisanje koda i rešavanje radnih zadataka u ovoj oblasti. Jedna od mana je nedovoljna bezbednost koja proizilazi iz upotrebe zastarelih veb tehnologija na kojima se zasniva ovo sopstveno rešenje. Upotrebljene veb tehnologije su bile pouzdane i savremene na početku razvoja ovog rešenja.

Međutim, zastarevanjem je postalo sve teže prepraviti veb aplikaciju za elektronsko testiranje u celosti tako da se nadomeste nedostaci. Iz ugla ustanove, ovakav tehnički dug dovodi u pitanje dugoročnu upotrebu ovog rešenja u budućnosti. Mogućnosti prelaska na druga rešenja postoje, ali predstavljaju veliki tehnički i logistički izazov.

6.1.4.3 Zaključak

Studijom slučaja sopstvenog rešenja za automatsko pregledanje poslatih rešenja elektronskih testova u oblasti računarstva, a posebno na osnovu procene zadovoljenja potreba ovog alata i uvidom u njegove prednosti, moguće je dati odgovor na jedno od pitanja koja su predmet ovog istraživačkog rada.

Odgovor 4 – Odgovor na istraživačko pitanje (V)

Na osnovu saznanja iz pregleda literature, ali i iz ove studije slučaja, moguće je dati odgovor na istraživačko pitanje (V), koje je potvrdno i kojim se potvrđuje hipoteza (II) ovog istraživanja. Upotrebom rešenja za automatsko pregledanje elektronskih testova utvrđeno je da se elektronskim testom mogu vršiti provere stečenih radnih veština postavljanjem pitanja i zadavanjem ponuđenih odgovora ¹⁴¹ na taj način da je za davanje tačnih odgovora na pitanja neophodno posedovanje stručnih veština i razumevanje oblasti u meri znatno većoj nego što je to slučaj za oblasti za koje je elektronskim testom i teorijskim pitanjima moguće utvrditi stepen usvojenih znanja.

Primeri pitanja sa ponuđenim odgovorima, dati u ovom poglavlju, pokazuju na koji način je moguće sastaviti tekstove i ilustracije u postavkama pitanja i prikaze ponuđenih odgovora, u obliku teksta ili ilustracije, tako da se tim pitanjima može sprovesti postupak provere stepena stečenih radnih veština koje je neophodno da student ima kako bi mogao tačno da odgovori na pitanja.

Odgovor 5 – Potvrda odgovora na istraživačko pitanje (V)

Ilustracije primera pitanja iz testova, uz prethodno donete zaključke iz obrađene literature, omogućavaju nam da damo potvrđan odgovor na istraživačko pitanje (V), kojim ga dodatno potvrđujemo, čime dodatno potvrđujemo i hipotezu (II) ovog istraživanja.

6.2 Rešenje za automatizovano pregledanje rešenja zadatka

Aplikacija za automatizovano pregledanje rešenja zadataka studenata je razvijena samo za potrebe predmeta „Operativni sistemi“ koji se realizuje na **Fakultetu za informatiku i računarstvo i na Tehničkom fakultetu** Univerziteta Singidunum u Beogradu. Svrha aplikacije je automatizovano pregledanje rešenja zadataka na drugom kolokvijumu, koji predstavlja jednu od četiri ispitne celine koja ulazi u sastav konačne ocene. Ostale su aktivnosti na nastavi, prvi kolokvijum i ispitni zadatak. Aktivnosti na nastavi se dele na prisustvo predavanjima i aktivnosti na vežbama predmeta. U vreme upotrebe ovog rešenja za automatizovano pregledanje i ocenjivanje rešenja studentskih radova, drugi kolokvijum se realizovao kao praktični zadatak koji obuhvata dve trećine celokupnog gradiva sa vežbi na predmetu. Svrha zadatka je da se utvrdi stepen stečenih veština u radu u konzoli na *Ubuntu* distribuciji *GNU/Linux* operativnog sistema bez upotrebe grafičkog korisničkog interfejsa, zadavanjem naredbi u Beš (*engl. Bash*) interpreteru za liniju terminala operativnog sistema [260].

Aplikacija za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka takođe služi i za sastavljanje postavke zadatka po unapred određenom obrascu. Pored postavke zadatka po obrascu, aplikacija sastavlja i datoteku sa uputstvima za svoj deo koji vrši pregledanje dostavljenih rešenja. Rešenja zadataka se automatski pripremaju na računaru na kojem student rešava zadatak.

Upotreba ovog rešenja je moguća isključivo u elektronskim učionicama pod nadzorom ispitivača na onim računarima koji su unapred pripremljeni i podešeni da na njima može da se pokreće ovaj alat. U nastavku je prikazana studija slučaja koja obuhvata pojedinosti vezane za razvoj ovog sopstvenog rešenja za automatizovano zadavanje, pregledanje i ocenjivanje radnih zadataka, način upotrebe iz ugla dve vrste korisnika rešenja, prikaz njegovog rada u različitim slučajevima korišćenja, prikaz ishoda i ocenu pogodnosti ovog rešenja za njegovu osnovnu namenu, sa pregledom viđenih prednosti i mana njegove upotrebe u svrhu ocenjivanja radova.

6.2.1 Razvoj programa za automatizovano pregledanje radnih zadataka

Program za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka, koji je predmet ove studije slučaja, predstavlja sastavni deo rešenja koje je napravljeno sa ciljem da obavlja dva zadatka. Prvi zadatak ovog rešenja je bio da samostalno sastavi tekst postavke radnog zadatka za svakog studenta pojedinačno, kao i obrazac za automatizovano ocenjivanje rešenja radnog zadatka rađenog prema uputstvima iz tako dobijene postavke. Drugi zadatak ovog rešenja je da na osnovu sastavljenog obrasca izvrši automatizovano pregledanje dostavljenog rešenja radnog zadatka. Ova studija slučaja ne može da obradi samo deo rešenja koje se bavi automatizovanim pregledanjem rešenja radnih zadataka, a da ne prikaže i način na koji se izvršava postupak sastavljanja postavke zadatka.

6.2.2 Sastavljanje postavke radnog zadatka

Da bi bilo moguće sprovesti pregledanje i ocenjivanje rešenja radnog zadatka, neophodno je posedovati obrazac za ocenjivanje. Pregledanje može da bude izvršeno automatizovano, praćenjem ¹⁸⁶ uputstva za pregledanje koja su sastavni deo obrasca. Obrazac može da bude sastavljen na dva načina. Prvi način je taj da obrazac predstavlja samo jedno od svih mogućih načina za rešavanje sastavljene postavke radnog zadatka. Kod ovog načina se podrazumeva da se od studenata očekuje da zadatak reši na tačno određeni način, korišćenjem tačno određenog niza postupaka i naredbi. S obzirom na to da je u praksi moguće jedan zadatak rešiti raznoraznim postupcima, ovaj način sastavljanja i upotrebe obrasca nije razmatran prilikom pisanja rešenja za sastavljanje teksta postavke radnog zadatka za studente i njegovog pripadajućeg obrasca za pregledanje i ocenjivanje.

Drugi način je taj da obrazac sadrži niz očekivanih promena koje treba da nastanu nad sistemom koji je predmet zadatka ukoliko se tačno isprate sva uputstva iz postavke radnog zadatka. Tako sastavljeni niz očekivanih promena ne sadrži podatak o tome kako student treba da reši neki deo zadatka, već samo šta je očekivani ishod tog posebnog dela zadatka, gde se uzimaju u obzir početno stanje i krajnje stanje sistema, u pogledu samo onih njegovih činilaca na koje očekivana promena utiče.

S obzirom na to da nije moguće očekivati da će studenti zadatak rešavati tačno određenim postupkom i da taj postupak nije moguće tačno predvideti, ovaj način za sastavljanje obrasca je odabran kao pogodan za deo programa za sastavljanje postavke radnog zadatka. Postavka radnog zadatka može da sadrži više delova. Svaki deo je nezavisna provera kojom se utvrđuje posedovanje veština upravljanja kroz konzolu operativnog sistema zadavanjem naredbi računaru. Ujedno, tim proverama se utvrđuje i poznavanje raznih mogućih načina rada sa posebnim naredbama i programima dostupnim kroz konzolu operativnog sistema. Svaki deo zadatka vredi određeni broj bodova, a postavka radnog zadatka se sastavlja u vidu tekstualnog dokumenta. Ovaj tekstualni dokument može sadržati i prikaze sadržaja datoteka i direktorijuma, pre ili posle određenih traženih obrada i očekivanih izvršavanja potrebnih naredbi. Sve ukupno, postavka radnog zadatka se dostavlja studentu i očekuje se da prema uputstvima iz postavke postupi prilikom izrade svog rešenja datog radnog zadatka. Obrazac za pregledanje i ocenjivanje rešenja takvog radnog zadatka se ne otkriva studentu, već se beleži u memoriji programa, a vezuje se za broj indeksa studenta za vreme trajanja ispita. Istaknuto je da program za automatizovano pregledanje i ocenjivanje rešenja radnih zadataka koristi sastavljeni obrazac kao osnov po kojem vrši pregledanje i ocenjivanje dostavljenog rešenja radnog zadatka. Prema tome, ulazni podaci ovog programa su rešenje radnog zadatka i pripadajući obrazac. Izlaz programa je dokument koji sadrži podatke o oceni svakog pojedinačnog dela zadatka, opisanog u okviru obrasca, ostvareni broj bodova za pojedinačne delove, kao i ukupan ostvareni broj bodova za pregledano rešenje radnog zadatka.

6.2.2.1 Opis obrasca

Obrazac za ocenjivanje se koristi i kao ulazni podatak na osnovu kojeg se sastavlja tekstualni dokument koji predstavlja postavku radnog zadatka. Ovaj postupak se vrši automatizovano istovremeno kada se sastavlja jedan primer postavke radnog zadatka za studenta na ispitu.

Obrazac za ocenjivanje F , koji ujedno predstavlja i osnov za oblikovanje teksta postavke, može da bude opisan modelom:

$$\Sigma = \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n\} \quad (a)$$

$$S \subseteq \Sigma \quad (b)$$

$$\theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}, \theta = \sigma'_1 \rightarrow \sigma''_1, \sigma'_2 \rightarrow \sigma''_2, \dots, \sigma'_n \rightarrow \sigma''_n \quad (v)$$

$$T = (t : t \in \theta), T \subseteq \theta \quad (g')$$

$$(t_i)_{i=1}^{|T|}, i \in \mathbb{Z}^+ \quad (g'')$$

$$F = (f : f = S' \xrightarrow{T} S''), S' \neq S'' \quad (d)$$

U modelu koji opisuje delove obrasca za ocenjivanje, određen je skup Σ u izrazu a) koji predstavlja konačan skup promenljivih koje čuvaju vrednosti kojima se može opisati ceo sistem u jednom trenutku. Skup S , određen u izrazu b) predstavlja podskup skupa Σ i predstavlja opis jednog dela celog sistema koji se u datom trenutku posmatra. Skup θ , određen u izrazu v) predstavlja skup funkcija θ koje dovode do promene jedne ili više vrednosti kojima je određen sistem. T je uređena n-torka, na tačno određen način poređanih članova, odrađena u izrazima $g')$ i g''). N-torka je indeksirana i svaka funkcija koja je sadržana unutar poređane n-torke ima svoj jedinstveni indeks. N-torka T predstavlja podskup izvornog skupa θ . Sadrži jedan deo funkcija izvornog skupa koje se mogu primeniti nad sistemom ili delom sistema, a tako da dovedu do promene onog dela sistema koji u datom trenutku posmatramo, kao što je određeno izrazom d). Ovaj izraz određuje da je F uređena n-torka funkcija f . Članovi ove n-torke vrške promene, koje su određene funkcijama sadržanim unutar n-torci T , nad posmatranim delom sistema S i menjaju ga iz početnog stanja u krajnje stanje. Početno i krajnje stanje sistema mogu da se razlikuju.

$$Z = \zeta(F), \zeta : F \rightarrow Z \quad (\bar{d})$$

$$\overset{2}{r}(F) = \rho(\bar{F}), \rho : F \rightarrow r(F) \quad (e)$$

$$r(F) : I \rightarrow o, I \subseteq \theta, o \in \{x : x \in \mathbb{R}, x \geq 0\} \quad (\bar{z})$$

Iz dobijenog obrasca F moguće je dobiti tekst postavke zadatka, Z koji nastaje primenom funkcije ζ za sastavljanje postavke zadatka na osnovu obrasca F , kao što je određeno izrazom $\bar{d}$). Osim sastavljanja teksta postavke radnog zadatka, kao što je prikazano izrazom e) primenom funkcije ρ nad F nastaje funkcija koja vrši postupak pregledanja i ocenjivanja studentskog rešenja praktičnog zadatka I , određenog izrazom $\bar{z}$) i daje kao rezultat ocenu o .

6.2.2.2 Opis sistema

Kao što je u prethodnom odeljku opisano, sastavni deo obrasca za ocenjivanje je funkcija koja menja sistem iz početnog u krajnje stanje primenom skupa manjih funkcija koje utiču na promenu stanja delova celog sistema.

Program za sastavljanje postavke zadatka priprema obrazac sa ciljem da se na osnovu njega naknadno oblikuje tekstualni zapis postavke zadatka. Program se oslanja na postojanje početnog stanja sistema koje može da bude unapred određeno ili da bude napravljeno korišćenjem nasumičnih vrednosti koje određuju sistem.

Vrednosti koje određuju sistem zavise od vrste zadatka. Kada je u pitanju predmet Operativni sistemi, sistem nad kojim student radi je ujedno i sistem nad kojim radi program za sastavljanje obrasca, tj. operativni sistem na računaru studenta.

Operativni sistem nad kojim radi program za sastavljanje obrasca, ali i onaj nad kojim treba da radi student je primerak dobijen iz unapred napravljene slike prethodno pripremljene distribucije *GNU/Linux* operativnog sistema. U slučaju koji je ovde opisan, korišćena je *Ubuntu* (*Ubuntu*) distribucija *GNU/Linux* operativnog sistema.

Vrednosti kojima je određen sistem u uopštenom smislu su:

- Struktura stabla datoteka i direktorijuma matičnog korisničkog direktorijuma, u kojem se vrše sve promene rešavanjem zadatka.
- Sadržaj datoteka unutar matičnog direktorijuma korisnika.
- Meta podaci o stavkama unutar matičnog direktorijuma, npr. ime, maska privilegije, određište linka, veličina itd.
- Vrednosti promenljivih okruženja u trenutnoj ljsuci sistema.
- Vrednosti promenljivih trenutne ljsuke sistema, npr. alijasi i sl.
- Trenutna radna putanja ljsuke sistema.
- Istorija naredbi zadatih kroz trenutnu ljsuku sistema.
- Sadržaj aktivnih programa na sistemu, meta-podaci o njima, njihova mesta izvršavanja (da li se izvršavaju u pozadini ili su u žiži).
- itd.

Zbir vrednosti kojima je određen sistem predstavljaju njegovo stanje. Izraz u nastavku, označen sa z) predstavlja jedno stanje sistema.

$$\Sigma = \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n\} \quad (z)$$

Ako dođe do promene neke od promenljivih kojima je određen sistem, nastaje novo stanje. Postoje dva stanja sistema Σ' i Σ'' , za koja važe pravilnosti određene izrazom označenim sa i), datom u nastavku.

$$\Sigma'' - \Sigma' = \Delta\Sigma, \Sigma' \neq \Sigma'' \quad (i)$$

Promena stanja sistema $\Delta\Sigma$ može da bude predstavljena kao skup koji obuhvata sve pojedinačne vrednosti koje čine stanje sistema i kod kojih je došlo do promene. Prema tome, promena stanja sistema može biti iskazana izrazom označenim sa j), datom u nastavku.

$$\Delta\Sigma = \{ \Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2, \dots, \Delta\sigma_n \} \quad (j)$$

Svaka posebna promena vrednosti kojom je određen sistem se utvrđuje pojedinačno, zavisno od onoga šta predstavlja.

Primeri promena su:

- Promenjena struktura direktorijuma, koja može da nastane usled dodavanja nove datoteke ili direktorijuma, brisanja datoteke ili direktorijuma koji su u njemu postojali, promene imena datoteke ili direktorijuma, promene meta-podataka neke stavke itd.
- Promena sadržaja datoteke.
- Promena meta-podataka o datoteci ili direktorijumu.
- Promena vrednosti promenjive okruženja.
- Promena radne putanje ljsuke sistema.
- Upisivanje teksta naredbe u istoriju naredbi ljsuke sistema.
- Promena svojstava pokrenutog programa, npr. pauziranje, prekid rada, nastavljanje izvršavanja, promena mesta izvršavanja itd.

6.2.2.3 Početno stanje sistema

U postupku sastavljanja obrasca za ocenjivanje, koji će se koristiti i za sastavljanje teksta postavke radnog zadatka, program započinje postavljanjem početnog stanja sistema. Početno stanje svakako nastaje učitavanjem unapred pripremljene slike operativnog sistema, nad kojom se, u određenom početnom direktorijumu korisnika studentskog naloga priprema početno stablo datoteka i direktorijuma od kojeg se očekuje početak rešavanja zadatka. Ovaj korak nije obavezan, tako da se može smatrati da je početno stanje uvek isto.

6.2.2.4 Postupak sastavljanja obrasca

U postupku sastavljanja obrasca, potrebno je napraviti skup promena sistema. Ovo se postiže oponašanjem korisnika operativnog sistema, tj. studenta i postupaka kojima on može da dovede do promena sistema. Uopšteno, cilj ovog postupka je sastavljanje skupa manjeg broja promena sistema, kao što je prikazano izrazom k) u nastavku.

$$\Lambda = \{ \Delta\Sigma_1, \Delta\Sigma_2, \dots, \Delta\Sigma_n \} \quad (k)$$

Skup Λ je skup posledica primene funkcija promene sistema koje su u ovom postupku odabrane slučajnim izborom, a koje na kraju ulaze u postupak oblikovanja konačnog obrasca.

Ovaj skup funkcija promene sistema je prikazan izrazom l) u nastavku i predstavlja uređenu n -torku, čiji članovi predstavljaju funkcije iz izvornog skupa, a redosled tih članova je unapred poznat i nepromenljiv je od trenutka kada je sastavljen. Program za sastavljanje postavke zadatka se oslanja na nepromenljivost T .

$$T = (t_1, t_2, \dots, t_n), t \in \Theta \quad (l)$$

N -torka T je činilac prikazan u prethodno istaknutom izrazu d), koji pokazuje način na koji je sastavljena n -torka funkcija F . Na osnovu tako dobijene n -torke funkcija F i njegovog činioca T moguće je pristupiti sastavljanju teksta postavke zadatka.

6.2.2.5 Sastavljanje teksta zadatka

Rešenje za automatizovano pregledanje zadataka u prvom delu svog rada, prilikom sastavljanja obrasca, ima za cilj da sastavi i tekst postavke radnog zadatka za studenta, koji se sastavlja na osnovu prethodno napravljenog obrasca za pregledanje zadatka. Kako je obrazac skup postupaka kakve student u svom radu treba da ponovi kako bi postigao očekivani ishod, moguće je na osnovu obrasca napisati tekst koji u nekoliko koraka daje uputstva i sve podatke potrebne da student praćenjem i primenom istih postigne traženi cilj. Postupak sastavljanja teksta zadatka se vrši automatski, odmah po završetku sastavljanja obrasca i radi na način opisan u nastavku. Svaka funkcija promene stanja sistema, koja je sastavni deo obrasca zadatka i koja ima svoje tačno određeno mesto u n -torci koja predstavlja obrazac, određena je svojim pratećim skupom mogućih tekstualnih izraza koji predstavljaju uputstva studentu šta se od njega očekuje da uradi.

Osim ovih tekstualnih uputstava, određene funkcije promene stanja sistema mogu zahtevati prikaz očekivane promene sistema, koja može na adekvatan način, tekstualno ili slikovno da bude data studentu na uvid kao dopuna uputstva za rad za rešavanje koraka koji određuje ta funkcija promene stanja sistema. Prikaz promene sistema koji se odnosi na pojedinačne funkcije, odnosno $\Delta\sigma$ je zapravo posebna promena vrednosti kojom je određen sistem i nasleđena je iz postupka sastavljanja obrasca, a opisana je u izrazu j).

Imajući u vidu da se ovaj skup vrednosti kojima je sistem određen može neposredno porediti sa prvobitnim stanjem, moguće je tekstualno ili slikovno prikazati samu tu razliku u postavci zadatka, ili je moguće prikazati početno i krajnje stanje dela sistema, gde se studentu ostavlja da samostalno utvrdi postupak kojim će izvršavanjem određenih naredbi dovesti sistem iz prvobitnog u krajnje stanje, uz poštovanje izričito zadatog uputstva za taj korak zadatka.

6.2.2.6 Primeri sastavljanja pojedinačnih koraka u tekstu zadatka

Kao što je naznačeno, tekst postavke radnog zadatka se sastoji od opštih uputstava studentu, kao i od pojedinačnih koraka u tekstu zadatka kojima se određuju pojedinačni delovi zadatka koje student treba da reši zadavanjem potrebnih naredbi. U ovom odeljku je prikazano nekoliko primera postupka sastavljanja pojedinačnih koraka u tekstu zadatka.

1. Potrebno je sastaviti tekst koraka postavke zadatka koja se odnosi na potrebu provere poznavanja načina promene trenutne radne putanje ljsuke sistema. Vrednost promenljive koja određuje stanje sistema koja se prati za ovu funkciju promene stanja sistema, tj. za naredbu za promenu trenutne radne putanje ljsuke, jeste trenutna radna putanja. Funkcija promene stanja sistema sa sobom u sastavu obrasca sadrži vrednost nove radne putanje koja treba da bude postavljena. Primeri tekstova uputstva koji za ovaj korak mogu da budu odabrani slučajnim izborom su:

- "Promeniti radnu putanju na {{ARG.0}}."
- "Podesiti trenutni radni direktorijum na {{ARG.0}}."
- "Otići u direktorijum na putanji {{ARG.0}}."
- itd.

Putanja na koju treba student da promeni trenutnu radnu putanju ljsuke sistema je data kao vrednost prvog elementa niza argumenata označenog kao ARG. Elementi niza su obeleženi indeksima čije brojanje počinje od 0, tako da je prvi element na indeksu 0, u obrascu uputstva koraka prikazan je kao {{ARG.0}}.

2. Potrebno je napraviti novu datoteku, koja će imati tačno određeno ime, sadržaj i da se nalazi unutar trenutnog radnog direktorijuma. Za praćenje i potvrdu da je stanje sistema na ispravan način promenjeno za ovakav korak zadatka, prati se nekoliko vrednosti koje određuju stanje sistema i to: sadržaj trenutnog radnog direktorijuma, odnosno spisak direktorijuma i datoteka, kao i sadržaj datoteke tačno određenog imena.

Od svih stavki koje predstavljaju nazive datoteka i direktorijuma unutar trenutnog radnog direktorijuma, očekuje se postojanje datoteke tačno određenog imena i unutar nje, očekuje se postojanje tačno određenog sadržaja. Ovaj sadržaj može da bude, zavisno od posebne funkcije promene, zadatak doslovno ili može da bude korišćen regularni izraz koji proverava da li mu uneti sadržaj odgovara.

Primeri uputstva koji za ovaj korak mogu da budu odabrani su:

- "Napraviti datoteku čije ime je {{ARG.0}}, sa sadržajem koji je napisan u nastavku: ⌈{{ARG.1}}"
- "Otvoriti novu datoteku {{ARG.0}}, pa zatim u nju upisati sadržaj: ⌈{{ARG.1}}"
- "Sadržaj: ⌈{{ARG.1}} ⌋ upisati u datoteku {{ARG.0}}"
- "Potrebno je da u direktorijum na trenutnoj radnoj putanji napravite novu datoteku čije ime je {{ARG.0}}, pa da u tu datoteku upišete sadržaj: ⌈{{ARG.0}}", itd.

U tekstu koraka, ime datoteke je sadržano u prvom elementu niza argumenata, a sadržaj koji je potrebno upisati u datoteku u drugom elementu istog niza. U obrascu za sastavljanje teksta uputstva, znakom ↵ je predstavljen prelazak u novi red u tekstu uputstva.

3. Potrebno je da se promene prava pristupa nekom direktorijumu u posmatranom koraku. Zavisno od toga koji delovi prava pristupa i na koje grupe korisnika se promena odnosi, pripremljeni tekst obrasca može značajno da se razlikuje.

Prvo je potrebno da se odredi razlika između prvobitnog i novog stanja vrednosti koje određuju privilegije direktorijuma koji se za ovaj korak zadatka posmatra i da se na osnovu te razlike sastavi jedan od mogućih tekstualnih uputstava koje propisuju potrebu za tačno takvom promenom.

Za prvi primer, u početnom stanju sistema, moguće je smatrati da su privilegije nad navedenim direktorijumom postavljene na vrednost izraženu kao 755, a da su u krajnjem stanju sistema postavljene na vrednost izraženu kao 700.

Ako se ove dve vrednosti razlože u njihove činioce, nastaju:

Početno stanje sistema	drwxr-xr-x
Krajnje stanje sistema	drwx-----

Prema tome, vidi se da ja nad navedenim direktorijumom, na početku vlasnik direktorijuma imao pravo da pregleda spisak stavki u direktorijumu, da menja sadržaj direktorijuma i da promeni svoju trenutnu radnu putanju u taj direktorijum. Korisnici koji pripadaju grupi kojoj je dodeljen taj direktorijum imali su pravo da pregledaju spisak stavki i da promene svoju trenutnu radnu putanju u taj direktorijum, ali nisu imali pravo da menjaju sadržaj direktorijuma. Ista prava kao i korisnici koji pripadaju grupi, imali su ostali korisnici, koji nisu vlasnik i koji ne pripadaju grupi kojoj je dodeljen direktorijum.

Nakon promene stanja sistema u pogledu vrednosti koje određuju ovaj direktorijum koji je činilac novog stanja sistema, vidi se da je sva svoja prava zadržao samo vlasnik direktorijuma, dok su korisnicima koji pripadaju grupi kojoj je direktorijum dodeljen i svi ostali korisnici koji nisu ni vlasnik niti pripadaju grupi kojoj je dodeljen direktorijum, više nemaju nikakva prava nad ovim direktorijumom, tj. ne mogu da pregledaju niti da menjaju njegov sadržaj, te ne mogu ni da promene svoju radnu putanju na putanju ovog direktorijuma [261].

Razlika između ova dva stanja sistema se odgleda isključivo u pogledu vrednosti privilegija tog jednog direktorijuma i njihova razlika može da bude zapisana na više načina, npr. kao:

- go-rx
- g-rx,o-rx
- go=
- -055
- -050,-005
- itd.

S obzirom na to svaki od navedenih zapisa predstavlja ispravan način za promenu privilegija pomoću naredbe promene privilegija datoteka i direktorijuma, moguće je iskoristiti bilo koji od njih za sastavljanje teksta uputstva za trenutni korak zadatka. Bez obzira na to da li se koristi brojčani ili znakovni pristup zapisivanju izraza promene privilegija, moguće je sastaviti tekst. Primeri tekstova uputstva koji za ovaj korak mogu da budu odabrani slučajnim izborom su:

- "Promeniti prava pristupa direktorijumu {{ARG.0}} tako da vlasnik zadrži sva trenutna prava, dok grupi kojoj je direktorijum dodeljen i ostalim korisnicima na sistemu ukinuti sva prava koja možda imaju nad direktorijumom."
- "Zabraniti svim korisnicima osim vlasniku da čitaju sadržaj direktorijuma {{ARG.0}}, da mu menjaju sadržaj i da mogu da promene svoju radnu putanju u taj direktorijum".
- "Promeniti prava pristupa direktorijumu {{ARG.0}} tako da vlasnik zadrži sva trenutna prava, dok grupi kojoj je direktorijum dodeljen i ostalim korisnicima na sistemu zabraniti da čitaju sadržaj direktorijuma, da mu menjaju sadržaj i da mogu da promene radnu putanju u taj direktorijum."
- "Nad direktorijumom {{ARG.0}} zabraniti korisnicima koji pripadaju grupi kojoj je direktorijum dodeljen, kao i svim ostalim korisnicima na sistemu, osim vlasnika, da čitaju sadržaj direktorijuma, da mu menjaju sadržaj i da mogu da promene svoju radnu putanju u taj direktorijum."
- "Svim korisnicima na sistemu, osim vlasniku, ukinuti sva prava nad direktorijumom {{ARG.0}}.", itd.

Ime direktorijuma je sadržano u prvom elementu niza argumenata.

4. Potrebno je da se napravi tačno definisan spisak datoteka i direktorijuma u određenom direktorijumu u stablu datoteka i direktorijuma sistema. Traženi spisak je unapred poznat, a prilikom sastavljanja obrasca je određen slučajnim izborom, korišćenjem naziva iz rečnika prihvatljivih pojmova, uz manje izmene, npr. dodavanjem nekoliko brojeva sa ili bez znakova za razdvajanje od teksta.

Na ovaj način, nastala je jedna grana direktorijuma i datoteka čija imena su sastavljena slučajnim izborom. Takođe, meta-podaci, kao što su postavljene privilegije nad navedenim datotekama i direktorijumima, su unapred određene slučajnim izborom još u trenutku kada je sastavljan obrazac.

Za ovakvu funkciju promene, koja je napravljena tako da nizom naredbi izgradi potrebnu granu u stablu datoteka i direktorijuma sistema na odabranoj putanji, određeno je da tekst obrasca koraka zadatka ne treba da bude sastavljen na osnovu promene, već na osnovu krajnjeg stanja sistema.

Od studenta se traži da odredi tačan postupak, zadavanjem svih neophodnih naredbi da dovede stanje sistema u ono koje odgovara krajnjem stanju sistema, tj. da napravi traženo stablo datoteka i direktorijuma sa tačno naznačenim privilegijama njegovih stavki.

Tačan redosled naredbi i same naredbe kojima se student služi da reši ovaj korak zadatka nije izričito određen i student ima slobodu da korak zadatka reši na bilo koji način. Sistem za pregledanje će nakon svake naredbe proveravati da li je nastalo očekivano krajnje stanje i tek tada će obeležiti korak kao rešen.

Tekst uputstva za ovaj korak može izgledati kao u ovom primeru:

"Na putanji {{ARG.0}} izraditi granu datoteka i direktorijuma čiji prikaz je dat u nastavku. Voditi računa o velikim i malim slovima u nazivima stavki, kao i o privilegijama nad stavkama:

```
i
├── [drwxr-x---] Projekat-9072
│   ├── [-rw-rw----] Dokumentacija12.doc
│   ├── [-rw-r--r--] materijali.lnk
│   └── [drwx-----] Zaposleni
│       ├── [-rw-----] lmarkovic.txt
│       ├── [-rw-----] osekulic.txt
│       ├── [-rw-----] tdakic.txt
│       └── [drwxr-xr-x] dokumentacija9
│           └── [-rw-r-----] veza981203.txt"
```

6.2.2.7 Primer sastavljenog teksta zadatka

Kada se prethodno prikazani postupak sastavljanja pojedinačnih koraka radnog zadatka završi, tekstovi tih koraka se objedinjuju u jedan dokument kojem se dodaju opšte uputstvo za rad i opšte uputstvo za način slanja rešenja radnog zadatka na pregledanje.

S obzirom na to da je očekivani ishod radnog zadatka sastavljanje koda skripte napisane na *Bash* jeziku za pisanje skripti sadržanog unutar jedne datoteke koja treba da predstavlja jedinstveno rešenje radnog zadatka, unutar teksta postavke radnog zadatka, date su neophodna uputstva vezana za to kako treba da izgleda postupak pripreme rešenja zadatka.

Opšta uputstva za rad sadrže postupni prikaz načina započinjanja rada na virtualnoj mašini i pregled određenih pravila kojih student treba da se pridržava tokom izrade svog rešenja radnog zadatka.

Opšta uputstva za kraj rada sadrže postupni prikaz načina na koji se rad ispitnog radnog zadatka završava, tj. na koji se sačinjeno rešenje radnog zadatka može spakovati i poslati putem platforme za otpremanje rešenja radnih zadataka studenata, bilo da se to vrši unutar lokalne mreže računara u elektronskoj učionici ili preko Interneta. Način slanja zavisi od načina i mesta na kojem se sprovodi ispit. U uslovima kada nije moguće da se ispit sprovede u elektronskim učionicama, tada je moguće da se ovoj platformi pristupi i sa udaljene lokacije, npr. od kuće, preko Interneta.

Postavka radnog zadatka je podeljena u korake, od kojih je svaki određen tekstom postavke koraka zadatka, a sastavljen postupkom koji je opisan u prethodnom odeljku ovog poglavlja. Zavisno od uputstava uprave fakulteta, uz redni broj i tekst koraka zadatka, studentima može da bude prikazan i broj bodova koji naznačava koliko vredi svaki pojedinačni korak zadatka. Koraci mogu da budu vrednovani istim brojem bodova po koraku ili mogu da budu različite težine, te da u skladu sa tim imaju različiti broj bodova koliko vrede. Do sada je praksa bila da se ne ističu brojevi bodova koraka.

Primer sastavljenog teksta zadatka je prikazan u poglavlju Prilozi, zaveden pod rednim brojem 1, među prilogima ovog rada.

6.2.3 Rad programa za automatizovano pregledanje rešenja zadatka

Pošto studenti u skladu sa uputstvom za kraj rada otpreme rešenje radnog zadatka, pokreće se program za njegovo automatizovano pregledanje. Prilikom automatizovanog pregledanja, koristi se obrazac zadatka prema kojem je bila sastavljena postavka radnog zadatka za studenta koji je zadatak poslao na pregledanje. Za svakog studenta se u datom ispitnom roku beleži koja mu je postavka radnog zadatka zadata i koji obrazac za ocenjivanje je potrebno primeniti u postupku automatizovanog ocenjivanja rešenja zadatka.

6.2.3.1 Statičko raščlanjavanje izvornog koda skripte

Prvi korak u postupku automatizovanog ocenjivanja rešenja radnog zadatka je utvrđivanje sintaksne ispravnosti izvornog koda, koja se sprovodi pomoću alata za proveru *Bash* sintakse. Provera sintakse skripte se sprovodi korišćenjem alata *ShellCheck* [262]. U pitanju je alat otvorenog koda koji može da se koristi za statičko raščlanjavanje izvornog koda.

Statičko raščlanjavanje podrazumeva da se nad izvornim kodom sprovede postupak utvrđivanja usklađenosti delova izvornog koda sa propisanim obrascima, ali i očekivanim nepromenljivim tekstualnim celinama koje moraju da se nađu u kodu rešenja. U smislu usklađenosti koda sa propisanim obrascima, činilaca sistema zadužena za ocenjivanje ovog dela može da utvrdi da li su imena promenljivih koje se koriste, napisana u skladu sa pravilima imenovanja koja je propisana kao sastavni deo zadatka.

Ona može da utvrdi da li su za navođenje vrednosti tekstualnih činilaca koje ne koriste ugrađivanje vrednosti promenljivih korišćeni jednostruki navodnici, umesto dvostrukih itd. Ove provere niskog sintaksnog, semantičkog i stilskog gledišta se nadovezuju na proveru sintaksne ispravnosti celokupnog izvornog koda, koja se utvrđuje pomoću spoljnog alata koji se, za ove namene koristi uslužno u postupku ocenjivanja valjanosti samog rešenja, a ne samo njegove radne ispravnosti. Svaki činilac provere se vrednuje i može da utiče na konačnu ocenu predatog rešenja zadatka.

Osim u svrhu provere usklađenosti sa zahtevanim stepenom valjanosti, pa i sintaksne ispravnosti, statičko raščlanjavanje može da se koristi u slučajevima kada predato rešenje zadatka ne može da se izvrši, pa nije moguće izvršiti proveru radne tačnosti. Ovo može da bude slučaj zbog najmanje greške u sintaksi koja ne dozvoljava izvršavanje skripte. Međutim, upravo statičkim raščlanjivanjem, moguće je izdvojiti deo koda, na osnovu poznatog sastava zadatka i taj deo izvršiti nezavisno.

6.2.3.2 Pokretanje skripte

Kada se postupak statičke provere ispravnosti izvornog koda skripte završi, ukoliko je provera utvrdila da je skripta sintakсно ispravna, pokreće se postupak izvršavanja skripte u pripremljenom primerku slike stabla datoteka i direktorijuma sistema, koji je istovetan onom na kojem je student rešavao radni zadatak. Otvara se posebna zaštićena ljuska sistema, pokreće se program za praćenje promena koji je zakazan da se izvrši pre i posle svake od naredbi korišćenih u izvornom koru skripte. Na ovaj način, beleženjem svih vrednosti koje čine stanje sistema kakav ovo rešenje za automatizovano pregledanje prati, moguće je napraviti sliku stanja sistema pre i posle izvršavanja svake naredbe.

Kada se program pokrene, sve promene stanja sistema, zabeležene od trenutka početka rada, koriste se da se sračuna promena stanja sistema nakon svake izvršene naredbe. Posmatraju se istorija zadatih naredbi, vrednosti promenljivih okruženja ljuske sistema i druge vrednosti koje su činioци stanja sistema. Program ih poredi sa očekivanim promenama, koje su u skladu sa obrascem radnog zadatka.

6.2.3.3 Ocenjivanje rešenja

Ishodi poređenja predstavljaju osnov za donošenje ocene ispunjenosti svakog od koraka zadatka i na osnovu stepena ispunjenosti računa se broj bodova koje je student ostvario za svaki korak zadatka ponaosob.

Kako neki koraci mogu imati ocenu ispunjenosti koja je diskretna i odgovara logičkoj vrednosti tačno ili netačno, u smislu da je korak zadatka ispunjen ili ne, a drugi mogu imati ocenu ispunjenosti koja je izražena kao postotak, ukoliko je sačinjen od više postupaka u rešavanju datog koraka, brojevi bodova za korak se računaju kao udeo postotka njegove ispunjenosti. Kod koraka koji imaju diskretnu ocenu ispunjenosti, uzima se 0 ili 100%.

6.2.4 Ispunjenje potreba

Prikazano rešenje za automatizovano pregledanje rešenja studentskih radnih zadataka ispunjava jednu od osnovnih potreba, a to je da omogućiti da student svojim radom pokaže da je stekao potrebne radne veštine. Ovo rešenje, od celina iz nekoliko unapred određenih skupova delova obrasca, nasumično sastavlja postavku radnog zadatka koju student rešava, a koje potom pregleda i ocenjuje. Na opisan način, rešenje obezbeđuje neposrednu proveru stepena stečenih radnih veština kod studenta, ali i neposrednu proveru stepena usvojenih znanja, koja su bila neophodna za tačno rešavanje radnog zadatka. Ishod pregledanja i ocenjivanja, sa isticanjem mesta gde je načinjena greška, je u kratkom roku dostupan i studentu i nastavniku.

Za ovo rešenje je moguće naknadno sastaviti nove delove obrasca u vidu funkcija za promenu stanja sistema, sa njihovim pripadajućim obrascima za sastavljanje dela teksta postavke zadatka u koracima, na osnovu kojih novi sastavljeni obrasci za ocenjivanje, pa samim tim i postavke radnih zadataka mogu da uključe u postupak provere stečenih veština i usvojenog znanja druge celine koje su predmet gradiva na predmetu.

Iako u trenutku pisanja studije slučaja opisano rešenje nije posedovalo način za neposredno povezivanje sa fakultetskim informacionim sistemom za otpremanje ishoda ocenjivanja radnih zadataka, ono je posedovalo razvijenu funkciju da objedini sve ishode ocenjivanja studenata u posebnom ispitnom roku u datoteku sa tabelarnim prikazom ocena ocenjivanja radnih zadataka za sve studente koji su na ispit izašli, kako bi takva datoteka mogla da bude otpremljena u fakultetski informacioni sistem putem nastavničkog dela sistema. Upravo ova mogućnost izvoza ishoda pregledanja i ocenjivanja rešenja radnih zadataka u datoteke čiji oblici su prilagođeni fakultetskom informacionom sistemu olakšava rad nastavnicima i obezbeđuje zadovoljavanje potreba za tačnim prenosom ocena pojedinačnih delova ispita u fakultetski informacioni sistem, što umanjuje mogućnost ljudske greške.

S obzirom na to da ne postoji veza sa fakultetskim informacionim sistemom, nije moguće obezbediti prenos podataka o studentima i ispitnim rokovima, te nisu moguće provere i ograničenje mogućnosti pokretanja postupka sastavljanja zadatka i pregledanje rešenja radnog zadatka. Zbog toga, nastavnik sam mora da ograniči pristup rešenju, kada njegova upotreba ne treba da bude stavljena na raspolaganje studentima.

Nastavnik može studentima da omogući pristup rešenju za potrebe vežbanja za vreme časa u elektronskoj učionici. Tada se rešenje koristi na isti način kao za vreme ispita, s tim da, u tom slučaju, nastavnik može da zanemari i da ne otpremi u informacioni sistem ishode ocenjivanja poslatih studentskih rešenja radnih zadataka.

6.2.5 Prednosti i mane

Rešenje za automatizovano pregledanje studentskih rešenja radnih zadataka zadovoljava potrebe za brzom i učinkovitom proverom kako stepena usvojenih znanja, tako i stepena stečenih radnih veština studenata. Ishod studije slučaja korišćenja ovog sopstvenog rešenja otkriva, pored svih prednosti i određene mane ovog rešenja. U ovom odeljku su prikazane prednosti i mane korišćenja ovog sopstvenog rešenja. Prednosti i mane su predstavljene iz ugla ustanove, nastavnika koji uređuje potrebna podešavanja ovog rešenja i studenata koji ovo rešenje treba da koriste. Prednosti i mane se dele na vrednosne i svojstvene. Vrednosne je moguće neposredno porediti, dok svojstvene služe za utvrđivanje osobina rešenja u odnosu na posredno merljivo iskustvo ili prethodno saznanje o nečemu.

6.2.5.1 Prednosti

Osnovna prednost ovog sopstvenog rešenja za pregledanje studentskih rešenja radnih zadataka automatizovanim postupkom je ta što obezbeđuje brzu i učinkovitu proveru stepena usvojenih znanja i stečenih radnih veština na neposredan način. Ishodi ocenjivanja pregledanog rešenja radnog zadatka su dostupni u veoma kratkom vremenskom periodu i zasebno su raščlanjeni ishodi ocenjivanja svakog pojedinačnog koraka u zadatku koji obuhvata proveru jedne ili više veština čije sticanje je bilo očekivano iz obrađenog gradiva na predmetu. Ova skoro trenutna dostupnost ishoda ocenjivanja rada je svojstvena prednost iz ugla studenta, nastavnika i ustanove. Studentima je osiguran jasan i brz uvid u ishod ocenjivanja njihovog rada, bez bilo kakvog razlikovanja, posebnog odnosa ili uticaja prilikom ocenjivanja njihovog rada od strane ispitivača. Nastavnicima, u ulozi ispitivača, je vrlo brzo nakon završetka rada obezbeđen uvid u ishod ocenjivanja, a ostvareni brojevi bodova su dostupni za preuzimanje za dalju obradu.

Nastavniku se uklanja teret sprovođenja ručnog ocenjivanja poslatih rešenja radnih zadataka, čime se štedi vreme. Za ustanovu su prednosti učinkovitost celokupnog postupka sprovođenja ispita na kojima se od studenata traži da rešavaju radne zadatke, obezbeđivanje tačnosti ishoda pregledanja tih radova i ukidanje nepotrebnih radnih zadataka nastavnicima, jer ne moraju da troše radno vreme na ručno pregledanje i ocenjivanje rešenja radnih zadataka.

Iz ugla nastavnika u ulozi ispitivača, postupkom sastavljanja posebnih postavki radnih zadataka za svakog studenta, umanjuje se mogućnost zajedničkog rada na izradi jednog rešenja koje bi više studenata poslalo kao svoje, te se omogućava tačnija provera stepena usvojenog znanja i stečenih radnih veština za svakog studenta na ispitu. Činjenica da je svaka postavka radnog zadatka drugačija i sastavljena posebno za svakog studenta, prednost je što se otkrivena postavka radnog zadatka neće ponoviti u istom obliku. Zbog toga neće moći da dođe do situacije da u nekom od narednih ispitnih rokova student pošalje ranije pripremljeno rešenje radnog zadatka, ako se ista postavka od ranijih rokova ili iz prethodnih godina ponovi.

6.2.5.2 *Mane*

Jedna od mana je složenost postupka sastavljanja osnovnih delova iz kojih se oblikuje obrazac za postavku zadatka. Nastavnik ima zadatak da pripremi funkcije za promenu stanja sistema, da sastavi više tekstova koji se koriste kao obrazac za postavku zadatka, koji su jasni i nedvosmisleni, a tako da student čitajući postavku konkretnog koraka i dela zadatka zna šta se od njega očekuje i da ispita njihov rad. Ovaj postupak može da bude dugotrajan, ali je jednokratian. Nakon što se taj korak završi i nakon što budu spremne funkcije promene stanja koje pokrivaju proveru usvojenih znanja i stečenih radnih veština, ova mana može da se zanemari. Druga mana je ograničenje mesta upotrebe ovog rešenja, koja je primetna svim ulogama, od ustanove, preko nastavnika, do studenata. Rešenje je moguće da se koristi samo u elektronskim učionicama, na posebno pripremljenim virtualnim mašinama sa posebno podešenim operativnim sistemom i posebno instaliranim klijentskim delom ovog sopstvenog rešenja. Zbog toga, rešenje ne može da se koristi za sprovođenje ispita u uslovima kada je onemogućeno prisustvo učenika u elektronskim učionicama i kada je potrebno sprovesti ispitivanje sa udaljene lokacije, od kuće, preko Interneta. Mogući načini da se prevaziđe ovo ograničenje su razmatrani, u vidu obezbeđivanja studentima udaljene veze ka radnoj površini operativnih sistema računara u elektronskoj učionici za vreme trajanja ispita. Međutim, ovakva rešenja nisu zaživela u praksi, te se ovaj nedostatak smatra jednom od osnovnih mana sistema u uslovima rada kakvi su na snazi od marta 2020. godine, od trenutka proglašenja epidemije, pa pandemije nove bolesti *Covid-19*, izazvane virusom Korona. Takođe, jedna od mana ovog rešenja je činjenica da je pripremljena slika operativnog sistema koji se koristi za vreme ispitivanja, u kojem studenti rešavaju svoje radne zadatke pripremljena da se izvršava u okviru sistema za virtualizaciju, koja zahteva posebne postavke računarskog hardvera, u smislu aktivacije virtualizacije. Aktiviranje sistema za virtualizaciju ima svoje prednosti i mane u smislu na performanse računara, te iz ugla ustanove, ova tehnička neophodnost može da predstavlja i manu u smislu najpovoljnijeg iskorišćavanja računarskih sklopova koji se stavljaju na raspolaganje u elektronske učionice za sve nastavnike za njihove predmete, a ne samo za predmet za koji je razvijeno ovo sopstveno rešenje.

Iz ugla nastavnika i institucije, manom može da se smatra i činjenica da će vremenom, studenti moći da sastave obrazac po kojem se oblikuju tekstovi postavki radnih zadataka i da se na taj način bolje pripreme za rešavanje tih posebnih primera delova radnih zadataka. Međutim, upravo činjenica da je zadatak nastavnika bio da sastavi veliki broj delova obrasca, koji pomažu da se utvrdi stepen stečenih radnih veština i usvojenog znanja studenata, može da učini da se značaj ove mane u velikoj meri može zanemariti, jer će studenti upravo u cilju želje da ispit polože, naučiti upravo način da reše takve primere koraka radnih zadataka, čije suštinski rade na sticanju radnih veština, te se poništava osnov da se ovo smatra manom. Konačno, iz ugla studenta, mana je nemogućnost rada na rešavanju radnog zadatka sa udaljene lokacije, preko Interneta. Da bi polagali ispit rešavanjem radnih zadataka korišćenjem ovog sopstvenog rešenja, neophodno je da studenti ispit polažu u elektronskim učionicama u kojima su računari na poseban način pripremljeni za ovaj vid polaganja ispita.

6.2.5.3 Zaključak

Uvidom u mogućnosti rešenja za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka studenata, kao i potvrdom da ono zadovoljava potrebe da se automatizovanim postupkom obezbedi provera stepena stečenih radnih veština, moguće je dati odgovor na jedno od pitanja koja su predmet ovog istraživačkog rada.

Odgovor 6 – Potvrda odgovora na istraživačko pitanje (A)

Na osnovu ovog saznanja, moguće je dati odgovor na istraživačko pitanje **(A)**, koji je potvrđan. Zajedno sa već datim odgovorom na istraživačko pitanje **(B)**, koje je odgovoreno potvrđno, kao i na osnovu odgovora na pitanje **(A)** koje je ovde obrazloženo, zaključuje se da su hipoteze **(I)** i **(V)** ovog istraživanja potvrđene.

7 Obrada prikupljenih podataka

Za ocenjivanja stepena stečenih radnih vještina, u okviru ispitnih obaveza studenata na predmetu "Operativni sistemi" su upotrebljavana oba opisana rešenja: rešenje za automatizovano ocenjivanje elektronskih testova i rešenje za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka studenata. Tokom četiri godine angažovanja autora na ovom predmetu, koje obuhvata istraživanje predstavljeno u ovom radu, tokom dve školske godine je za tu namenu upotrebljavano rešenje automatizovano ocenjivanje elektronskih testova, a tokom druge dve školske godine je korišćeno rešenje za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka. Ishodi ocenjivanja stepena stečenih radnih vještina su objavljivani na stranicama zvaničnog univerzitetskog spremišta obrazovnih sredstava ovog predmeta. Spremišta sadrže sva objavljena obrazovna sredstva potrebna za praćenje predmeta, izvode iz lekcija, skripte, video snimke sa vežbi, podatke o predmetu, podatke o potrebnim dodatnim udžbenicima, objave sa važnim vestima, ali i sa ishodima ocenjivanja kolokvijumskih i ispitnih testova i zadataka tokom školske godine. Sastavni deo ovog istraživanja je vrednosno raščlanjavanje ovih ishoda ocenjivanja i prikaz zaključaka dobijenih iz tog postupka obrade podataka. Ovo poglavlje obuhvata opis načina dopremanja potrebnih podataka za obradu, način sređivanja podataka, načine poređenja prikupljenih i sređenih ishoda ocenjivanja, kao i postupak vrednosnog, ali i svojstvenog raščlanjavanja ishoda obrade tih podataka. Saznanja nastala ovom obradom su proširena i opširnije objašnjena u poglavlju za raspravu o ishodima istraživanja, a na osnovu čijih prikazanih tumačenja su doneti konačni zaključci istraživačkog rada.

7.1 Dopremanje podataka

Kao što je istaknuto u uvodnom obrazlaganju ovog poglavlja, podaci o ishodima ocenjivanja stepena stečenih radnih vještina studenata tokom četiri godine angažovanja autora na ovom predmetu, tokom kojih je bio odgovoran za sprovođenje tog postupka, su javno objavljivani na univerzitetskom spremištu obrazovnih sredstava ovog predmeta.

S obzirom na to da su podaci iz izvornog oblika, pre objavljivanja, sakupljeni u objedinjenu evidenciju u tabelarnom obliku, pa potom izvoženi u *PDF* dokument za objavljivanje na Internetu bez mogućnosti izmena, autor je iskoristio izvorne oblike u kojima su podaci u tabelarnom obliku pripremani i sačuvani. Podaci su uzeti u izvornom obliku, kako ne bi bilo trošeno vreme na postupak pretvaranja i iščitavanja sadržaja iz *PDF* datoteke nazad u izvornu *Excel* datoteku. Iz iskustva autora, postupak pretvaranja dokumenata iz *PDF* datoteke u *Excel* datoteku nije uvek bio tačan. Da bi se sprečile greške u ulaznim podacima na kojima se zasniva obrada podataka i njihovo vrednosno raščlanjivanje, ulazni podaci istraživanja su preuzeti iz fakultetskog informacionog sistema.

Da bi bio siguran da ocene stečenih radnih veština nisu menjane, sve ocene dopremljene iz fakultetskog informacionog sistema su upoređene sa ocenama iz baza podataka posebnih sopstvenih rešenja u kojima su nastale i u čijim bazama se trajno čuvaju bez promena.

U nastavku je opisan način čuvanja ocena u oba sopstvena rešenja i opisan je način njihovog dopremanja za potrebe provere koja je obavljena pre obrade podataka, a koja je opisana u narednom odeljku ovog poglavlja koje se bavi postupkom sređivanja podataka.

7.1.1 Ocene iz rešenja za elektronsko testiranje

S obzirom na to da se rešenje za elektronsko testiranje koristi na više mesta i da je postavljeno na više razdvojenih servera koji ne dele infrastrukturu, pa ni bazu podataka, podaci o ovim ocenama su izdvajani iz nekoliko odvojenih baza podataka.

Svi radovi testova su obeleženi vremenskim žigovima, a testovi kojima pripadaju su obeleženi i nazivima, te je lako bilo utvrditi kojem delu ocenjivanja pripada koji test i studentski radovi u okviru tog testa. Ishodi ocenjivanja su izvezeni u tabelarnom obliku, objedinjeni u jednu tabelu, dovedeni u potreban oblik za poređenje i poređani u rastućem poretку po vremenu nastanka.

7.1.2 Ocene iz rešenja za automatizovano pregledanje radnih zadataka

Kako je rešenje za automatizovano pregledanje radnih zadataka sve vreme korišćeno na jednom mestu, postoji samo jedan izvor podataka svih ishoda ocenjivanja rešenja radnih zadataka studenata. Iz baze podataka aplikacije pokretane na serveru sa ovog mesta, podaci su izvezeni u tabelarnom obliku i dovedeni u oblik potreban za poređenje, a poređani su u rastući poredak po vremenu nastanka.

Tom prilikom je vođeno računa da se podaci o studentima zaštite i da se svim studentima dodele novi jedinstveni lični broj. Studentima kojima je od ranije dodeljen jedinstveni lični broj, ta vrednost nije menjana. Studentima koji su se nalazili u ovoj bazi podataka, a nisu imali za ranije zabeležene ishode ocenjivanja dodeljen jedinstveni lični broj, novi proizvoljni broj je odabran i upisan.

Nakon toga su svi podaci koji mogu da posluže da se utvrdi identitet studenta trajno uklonjeni iz skupa podataka. Postupak dodeljivanja jedinstvenih ličnih brojeva studentima, kojima se obezbeđuje obezličjenje ulaznih podataka i time štiti privatnost studenata, je opisan ranije u poglavlju o prikupljanju podatka i njegovom odeljku o pripremi podataka za dalju obradu.

7.2 Sređivanje podataka

Podaci o izvornim ishodima ocenjivanja iz oba sopstvena rešenja su provereni upoređivanjem sa podacima iz autorovog ličnog spremišta ishoda ocenjivanja studenata koje trajno čuva i sa podacima dopremljenim iz fakultetskog informacionog sistema za posebne delove ispitnih obaveza. Pošto je utvrđeno da nema odstupanja, izvorni podaci su upotrebljeni kao osnov za dalju obradu i poređenje. U postupku sređivanja podataka, oni su razvrstani prema tome da li je posmatrana ocena stečena tokom prvog polaganja ispitnog dela, iz prvog ponavljanja ili iz drugog ponavljanja polaganja ispitnog dela. Za sve ocene je uvedena oznaka da li je stečena radom elektronskog testa ili rešavanjem radnog zadatka. Vremenski žigovi svih ocena su dovedeni u jednoličan oblik.

189

Izvršeno je uklanjanje svih ličnih podataka, kao što su ime i prezime studenta, a brojevi indeksa su zamenjeni nasumično izabranim jedinstvenim brojevima, tako da se svako pojavljivanje jednog broja indeksa zameni jednom istom nasumično odabranom celobrojnom vrednošću, koja se neće ponoviti. Ovim merama je ispunjena potreba za zaštitom podataka o ličnosti usled moguće potrebe za objavljivanjem izvornih podataka na kojima se zasniva istraživanje predstavljeno ovim radom. Postupkom sređivanja su dobijeni oblici podataka koji se u narednom koraku upoređuju i na osnovu kojih se donose određeni zaključci. Podaci su:

- dodeljeni lični broj studenta, koji se ne vezuje za broj indeksa;
- način sprovođenja polaganja, koji može biti test ili zadatak;
- koje je po redu polaganje tog studenta, koje može biti prvo ili drugo;
- ocena ishoda rada.

Pošto su podaci pripremljeni za obradu i smešteni u programski alat za obradu tabelarnih podataka, primenjeni su postupci raščlanjavanja ishoda ocenjivanja kroz vrednosno i svojstveno raščlanjavanje. U tom postupku, prvo je sprovedena broječna obrada podataka. Tačan pregled ovog postupka je dat u narednom poglavlju.

7.3 Raščlanjavanje ishoda ocenjivanja

Kako bi bilo moguće doneti zaključke postupkom raščlanjavanja, svi sređeni podaci su razvrstani u tri grupe podataka, prikazane tabelarno, na osnovu kojih su izvršena vrednosna raščlanjavanja za pronalaženje odgovora na postavljena pitanja.

- Prva sadrži podatke za studente koji su radili test;
- Druga sadrži podatke za studente koji su radili zadatak;
- Treća sadrži podatke obe grupe studenata.

Na osnovu tako dobijenih grupa podataka, moguće je izdvajanjem podataka sastaviti tri nova tabelarna prikaza u kojima su podaci objedinjeni na osnovu dodeljenog ličnog broja studenta, koji je za svakog studenta odabran proizvoljno, a zatim su ti podaci razvrstani prema sledećem rasporedu:

- dodeljeni lični broj studenta, koji je u novoj tabeli jedinstven;
- način sprovođenja polaganja;
- ocena nakon prvog polaganja;
- ocena nakon drugog polaganja;
- broj polaganja tog studenta;
- promena ocene od prvog do drugog polaganja.

Iz tabela sa podacima pripremljenim prema ranije opisanim obrascima, moguće je izvršiti vrednosno raščlanjavanje njihovih podataka sa ciljem nalaženja odgovora na prethodno postavljena pitanja.

Radi lakšeg uvida u razlike u uspesima studenata, ovaj tabelarni prikaz je moguće dodatno podeliti prema godini studija u kojoj su postignuti ishodi ocenjivanja koji su predmet istraživanja.

Tabele sa podacima za sve četiri godine studija koje ovo istraživanje obuhvata, sastavljene na način koji je ovde opisan, nalaze se u poglavlju Tabele na začelju ovog dokumenta i obeležene su oznakom Tabela 1, 2, 3 i 4.

7.3.1 Vrednosno raščlanjavanje

Prema ovom obrascu su sastavljene tabele razvrstanih podataka, prema načinu sprovođenja polaganja, tako da sadrže podatke za studente koji su polagali putem testa ili radnog zadatka, respektivno; kao i posebna tabela, koja objedinjuje prethodne i služi za poređenje vrednosti dobijenih kroz postupak vrednosnog raščlanjavanja. Na osnovu ove tabele može da se utvrdi udeo pojedinačnih vrednosti dobijenih prebrojavanjem iz tabela sa podacima podeljenim prema načinu polaganja. Objedinjena tabela nije prikazana u posebnom poglavlju za prikaz tabela korišćenih u istraživanju, zbog toga što predstavlja samo zbir tri pojedinačne tabele po godinama studija, te bi se njenim uključivanjem nepotrebno ponavljali isti podaci. Tabela je sačinjena kako bi bilo lakše izvršiti obradu podataka sadržanih u njoj.

Cilj ovog postupka je nalaženje odgovara na sledeća pitanja, a koji će biti predmet narednog svojstvenog raščlanjavanja:

- Koliko studenata je polagalo test / radni zadatak?
- Kliku puta je polagan test / radni zadatak?
- Koliko studenata je polagalo samo jednom?
- Koliko studenata je polagalo dva puta?
- Koliko puta su studenti polagali po pojedinačnim terminima?
- Koja je prosečna ocena nakon prvog polaganja?
- Koja je prosečna ocena nakon drugog polaganja?
- Koja je prosečna ocena studenata koji su samo jednom polagali?
- Koja je prosečna ocena studenata koji su polagali dva puta?
- Koja je prosečna promena ocene između prvog i drugog polaganja?
- Kakva je razdeoba učestalosti stečenih brojeva bodova?

Na osnovu odgovora na ovako postavljena pitanja, moguće je steći dodatna saznanja vrednosnim i svojstvenim raščlanjavanjem. Nova saznanja je moguće doneti iz odgovora na dopunska pitanja i to:

- Koji je broj studenata koji su položili iz prvog polaganja?
- Koji je udeo studenata koji su položili iz prvog polaganja?
- Koji je broj studenata koji su položili iz drugog polaganja?
- Koji je udeo studenata koji su položili iz drugog polaganja?

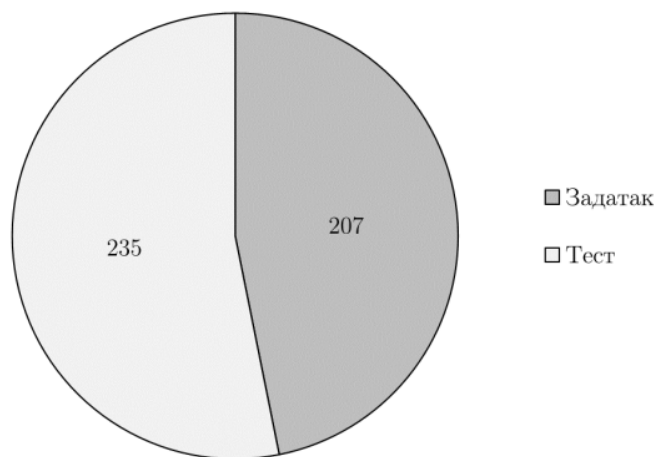
Vrednosnim raščlanjavanjem, tj. brojčanom obradom podataka koji su prikazani u objedinjenoj tabeli koja obuhvata sve podatke iz tabela 1 do 4, prikazanih u poglavlju Tabele, otkrivena su saznanja koja neposredno ili, uz postojeće podatke i druga otkrivena saznanja, posredno omogućavaju donošenje zaključaka i odgovora na pitanja koja su predmet ovog istraživanja.

Odgovori na postavljena pitanja mogu da pomognu u donošenju novih saznanja koja su predmet dodatnog svojstvenog raščlanjavanja. Svojstveno raščlanjavanje je obuhvaćeno posebnim odeljkom u okviru ovog poglavlja.

Odgovore na pitanja, dobijena vrednosnim raščlanjavanjem, moguće je neposredno uporediti i doneti zaključke o postignućima studenata koji su polagali putem testa ili rešavanjem radnih zadataka.

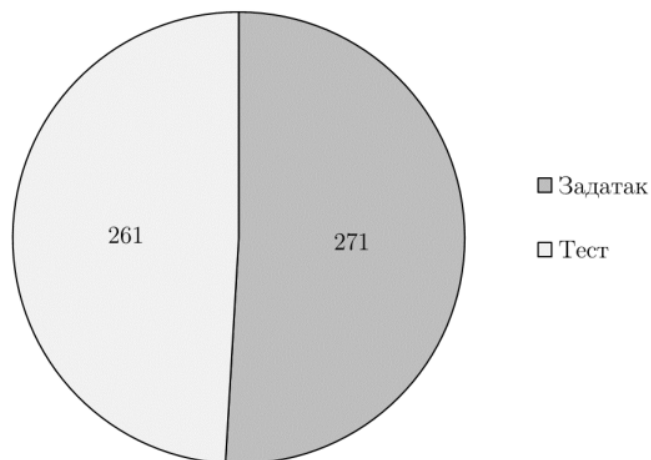
Konačno, ishodi tih poređenja mogu da pomognu da se odgovori na nekoliko istraživačkih pitanja kojima se može potvrditi ili osporiti tačnost navedenih pretpostavki.

Ishodi vrednosnog raščlanjavanja sa odgovorima na postavljena pitanja su prikazani u nastavku.



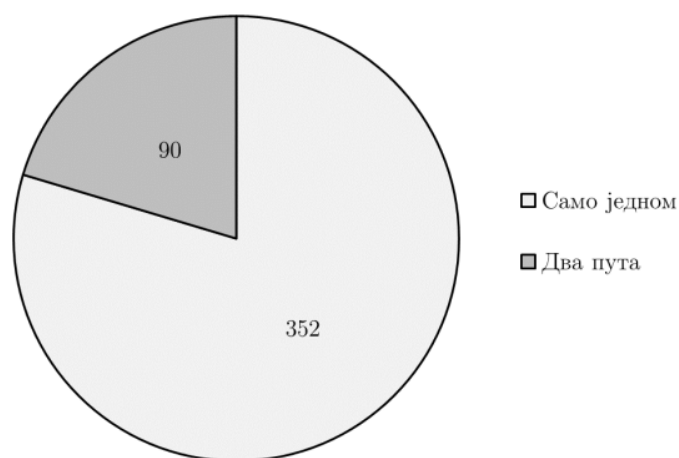
Slika 10 - Broj studenata prema načinu polaganja

Slika 10 daje odgovor na pitanje "Koliko studenata je polagalo test, a koliko rešavalo radni zadatak?" Na osnovu slike, može da se zaključi da je 53% studenata polagalo test, dok je 47% studenata rešavalo radni zadatak.



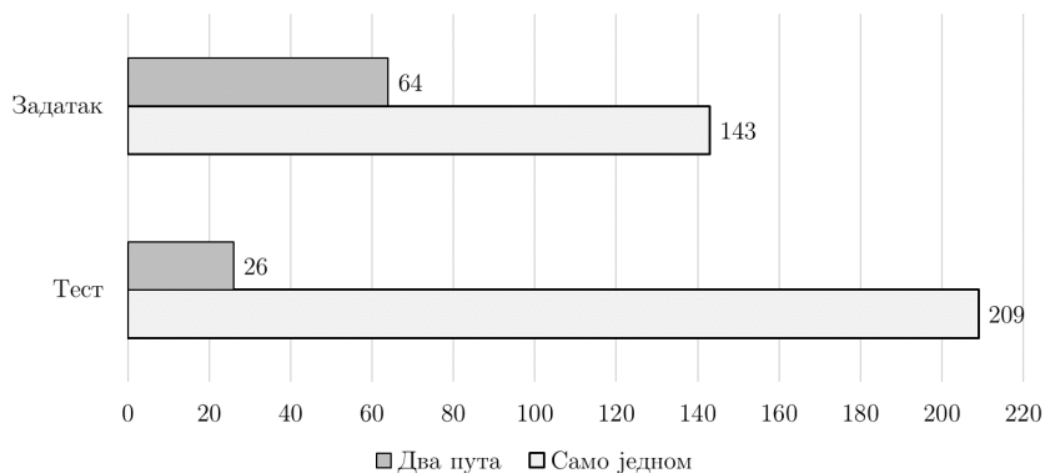
Slika 11 - Broj polaganja prema načinu

Slika 11 daje odgovor na pitanje "Koliko puta je polagan test, a koliko puta radni zadatak?" Sa slike može da se zaključi da je u 49% slučajeva polaganje bilo u vidu testa, dok je u 51% slučajeva rešavan zadatak.



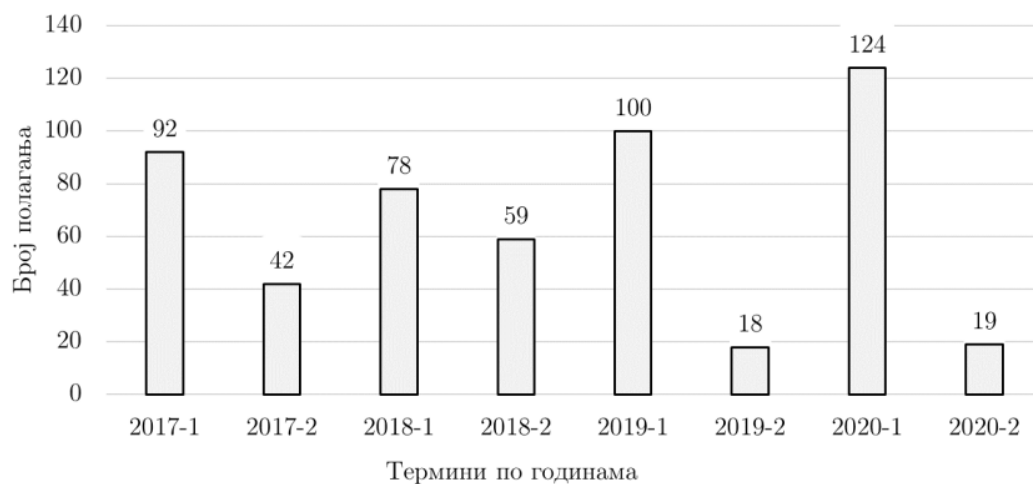
Slika 12 - Broj studenata prema ukupnom broju polaganja

Slika 12 daje odgovor na pitanja "Koliko studenata je polagalo samo jednom?" i "Koliko studenata je polagalo dva puta?". Na osnovu prikazanih ishoda prebrojavanja, može da se utvrdi da je 80% studenata polagalo samo jednom, dok je 20% studenata i drugi put izašlo na polaganje.



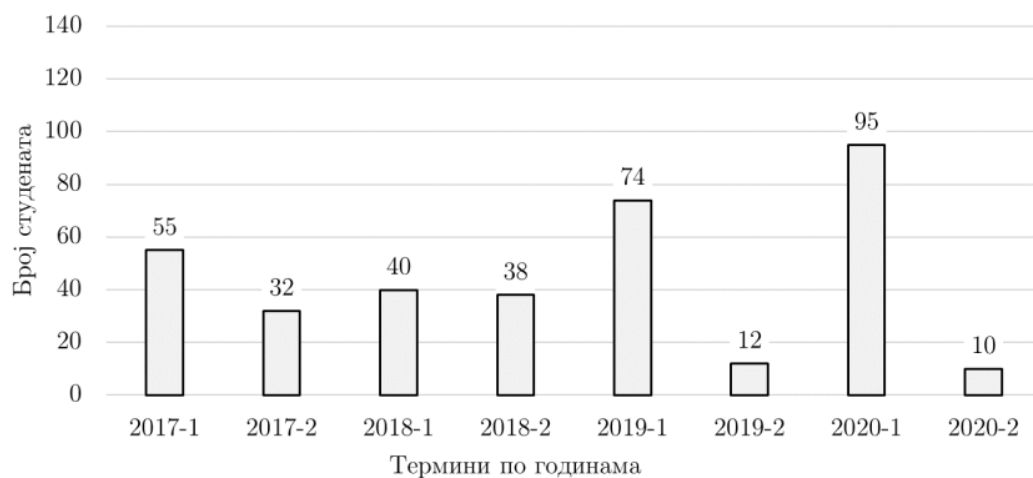
Slika 13 - Broj studenata prema ukupnom broju i načinu polaganja

Iako slika 13 ne daje neposredno odgovor na neko od pitanja koja su ranije postavljena, ona potvrđuje ranije date odgovore o ukupnom broju studenata koji su polagali samo jednom ili ukupno dva puta.



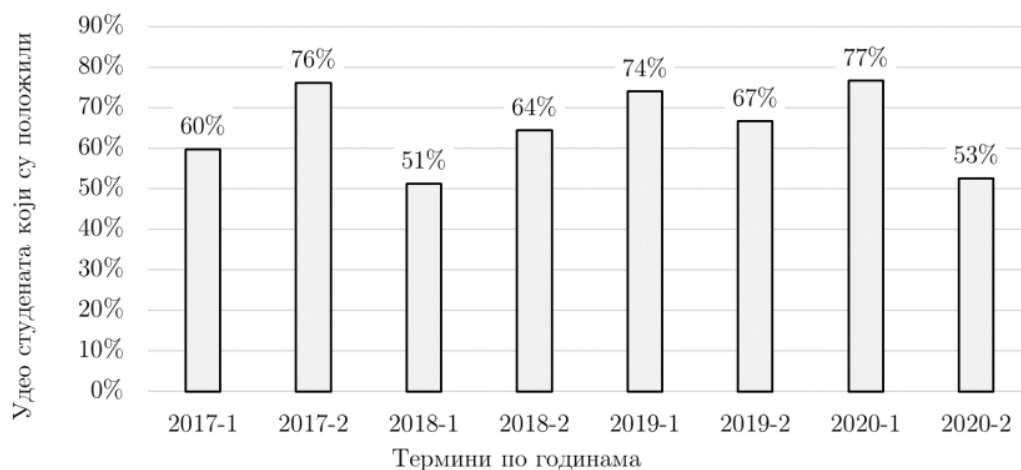
Slika 14 - Broj polaganja u 1. i 2. terminu 2017, 2018, 2019. i 2020.

Slika 14 pruža uvid u to koliko je polaganja bilo, po terminima i po godinama za koje je sprovedeno raščlanjavanje podataka. Ona daje odgovor na pitanje "Koliko puta su studenti polagali po pojedinačnim terminima?"



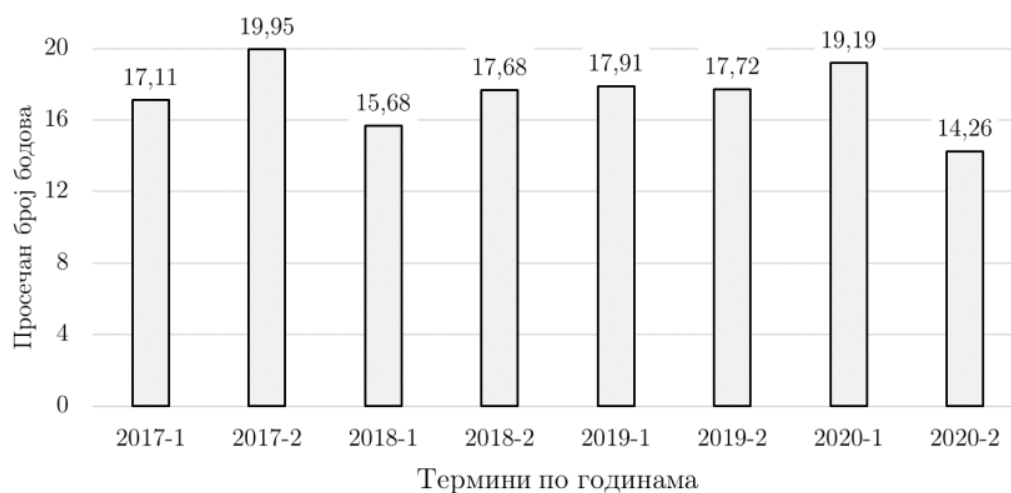
Slika 15 - Broj studenata koji su položili nakon rada, po terminima

Slika 15 pruža uvid u to koliko studenata je položilo nakon rada u pojedinim terminima. Opširnije razmatranje saznanja koja pruža ovaj ishod obrade podataka je prikazan u raspravi o ishodima obrade podataka.



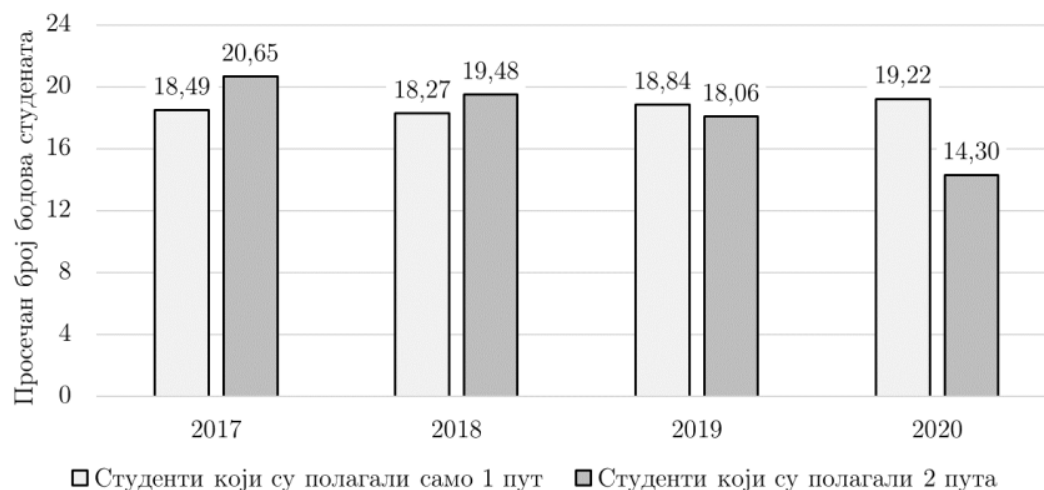
Slika 16 - Udeo studenata koji su položili nakon rada, po terminima

Slika 16 prikazuje podatke o tome koji udeo studenata je položio nakon rada, po terminima i omogućava donošenje novih zaključaka o razlikama između načina polaganja koji su tokom godina primenjivani.



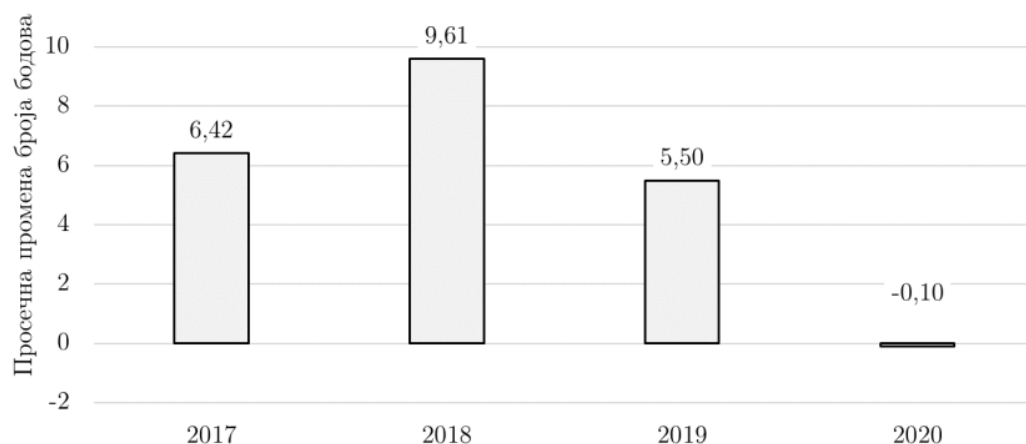
Slika 17 - Prosečan broj bodova u pojedinačnim terminima polaganja

Slika 17 obezbeđuje odgovore na prethodno postavljena pitanja o tome "Koja je prosečna ocena nakon prvog polaganja?", kao i o tome "Koja je prosečna ocena nakon drugog polaganja?".



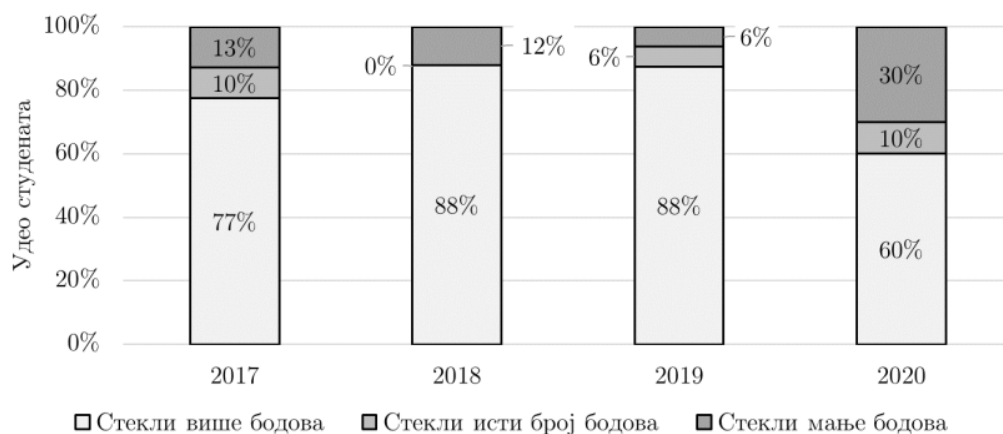
Slika 18 - Prosek broj bodova prema broju polaganja

Slika 18 daje odgovore na ranije postavljena pitanja o tome "Koja je prosečna ocena studenata koji su samo jednom polagali?" i "Koja je prosečna ocena studenata koji su polagali dva puta?".



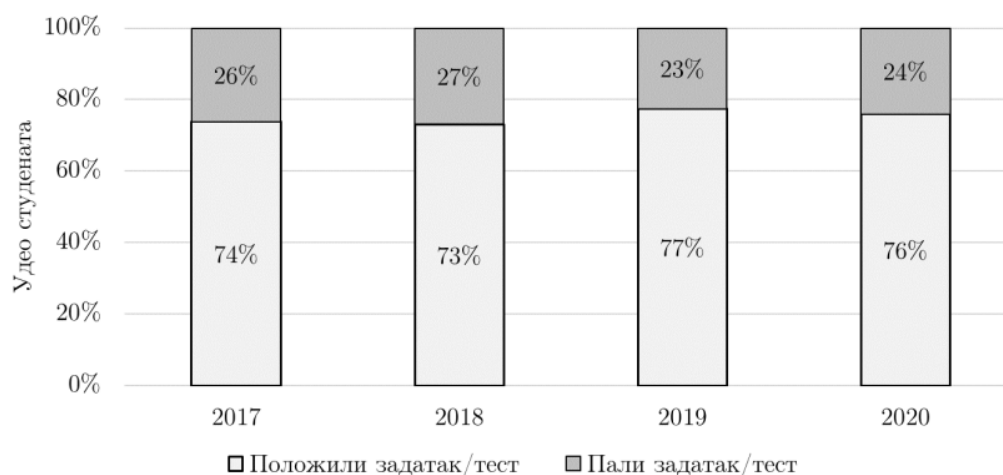
Slika 19 - Prosečna promena broja bodova nakon 2. termina

Slika 19 pruža odgovor na ranije postavljeno pitanje o tome "Koja je prosečna promena ocene između prvog i drugog polaganja?" Podaci na slici su podeljeni po godinama.



Slika 20 - Udeo studenata koji su nakon 2. termina stekli više, isto ili manje bodova u odnosu na 1. termin

Slika 20 stvara jasniju sliku od slike 19 o tome na koji način su se promenili uspesi studenata između prvog i drugog polaganja, po godinama. Slika prikazuje udeo studenata koji su nakon drugog polaganja svoj uspeh popravili, kojima je ostvareni broj bodova ostao isti i onih koji su lošije uradili u drugom terminu svoj rad.

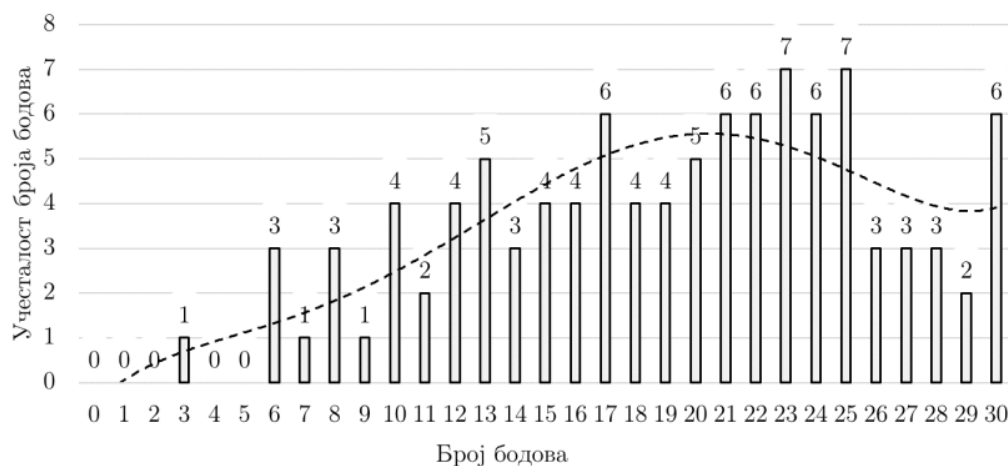


Slika 21 - Udeo studenata koji su na kraju godine položili ili pali

60

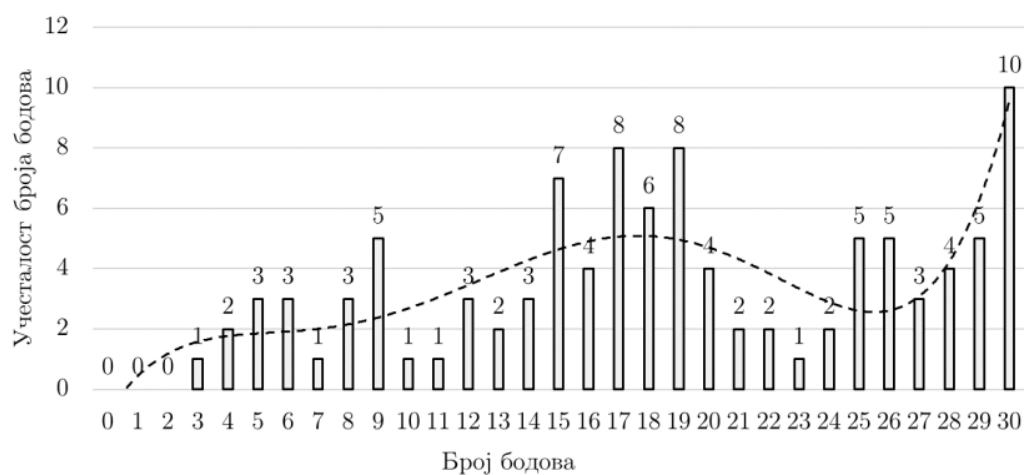
Značajno je uzeti u obzir i podatak o tome koliko studenata, od svih koji su izlazili na polaganje, po godinama, je položilo posebni deo ispita. S obzirom na to da je potrebno porediti ove podatke po godinama, u obzir za razmatranje su uzeti udeli, koji su prikazani na Slika 21.

U cilju nalaženja odgovora na pitanje "Kakva je razdeoba učestalosti stečenih brojeva bodova?", izvršeno je brojčano raščlanjavanje prikupljenih podataka o ishodima ocenjivanja radova studenata i nastalo je pet pogleda koji približavaju uspehe studenata u smislu ovako postavljenog pitanja.



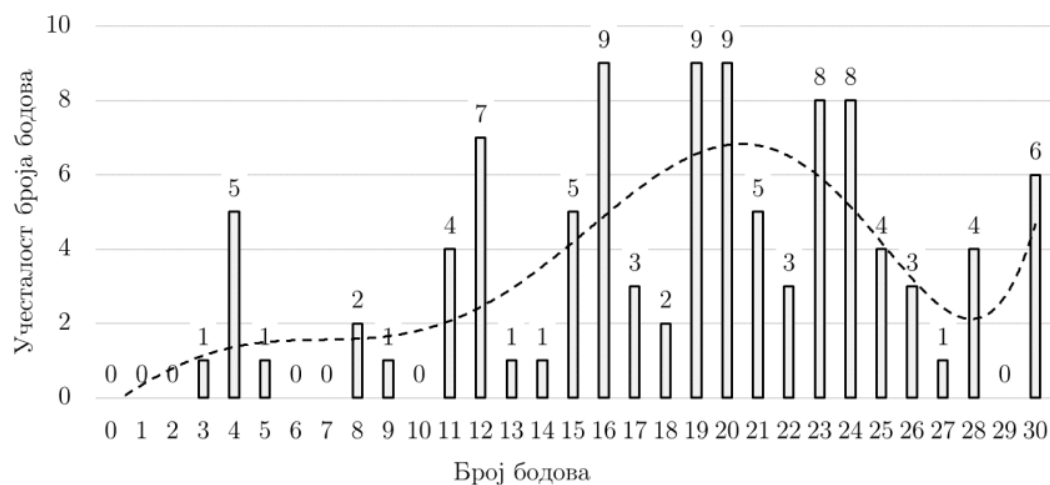
Slika 22 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2017. godine

Slika 22 daje prikaz razdeobe učestalosti brojeva bodova studenata na kraju 2017. godine, ostvarenih rešavanjem radnog zadatka, u opsegu od 0 do 30.



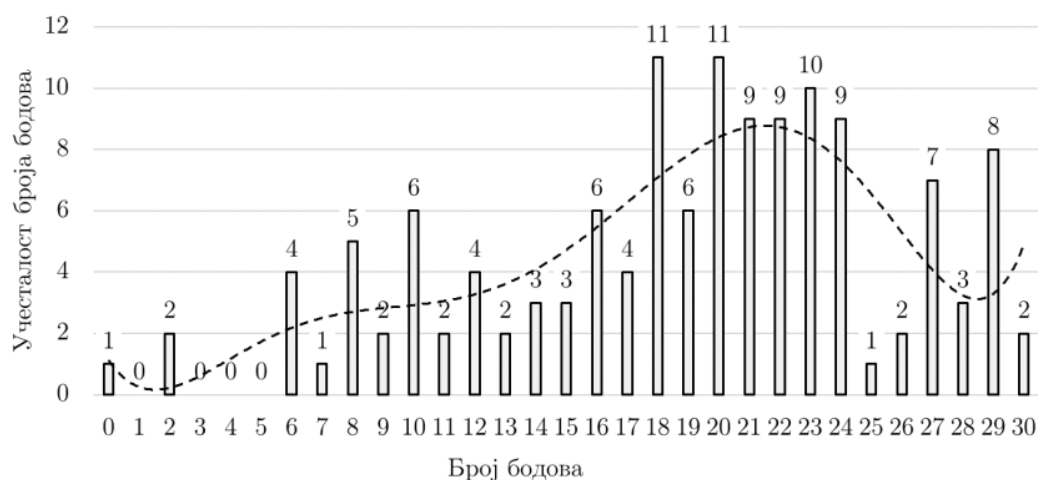
Slika 23 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2018. godine

Slika 23 daje prikaz razdeobe učestalosti brojeva bodova studenata na kraju 2018. godine, ostvarenih rešavanjem radnog zadatka, u opsegu od 0 do 30.



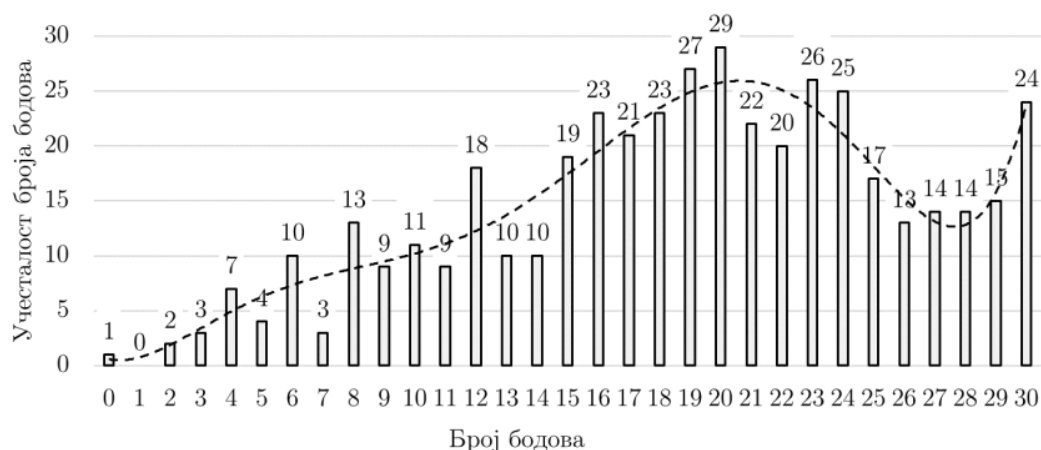
Slika 24 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2019. godine

Slika 24 daje prikaz razdeobe učestalosti brojeva bodova studenata na kraju 2019. godine, ostvarenih radom elektronskog testa, u opsegu od 0 do 30.



Slika 25 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2020. godine

Slika 25 daje prikaz razdeobe učestalosti brojeva bodova studenata na kraju 2020. godine, ostvarenih radom elektronskog testa, u opsegu od 0 do 30.



Slika 26 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju svih godina

Slika 26 daje prikaz razdeobe učestalosti brojeva bodova studenata, ukupno za sve četiri godine, koliko obuhvata istraživanje.

Ishodi obrada podataka prikazani u ovom odeljku poglavlja o postupku raščlanjavanja prikupljenih podataka sami po sebi mogu dati odgovore na neka od istraživačkih pitanja. Da bi bilo moguće odgovoriti na sva istraživačka pitanja, potrebno je doći do dodatnih saznanja, koja će proizići iz postupka svojstvenog raščlanjavanja.

7.3.2 Svojstveno raščlanjavanje

Na osnovu svih saznanja do kojih je došlo vrednosnim raščlanjavanjem i brojčanom obradom sakupljenih podataka, moguće je doneti dodatne zaključke i doći do novih saznanja u cilju razumevanja podataka i otkrivanja odgovora na istraživačka pitanja. U tom cilju se sprovodi svojstveno raščlanjavanje.

Kako su prethodno obavljenim vrednosnim raščlanjavanjem podataka dati odgovori na pitanja navedena u prethodnom odeljku, u ovom delu je dat pregled zaključaka i saznanja koja su utvrđena upoređivanjem tih odgovora.

Iz istih odgovora na navedena pitanja, moguće je doneti određene pretpostavke koje će pomoći u tumačenju ostalih saznanja, ali i samih podataka iz kojih su ta saznanja proizišla, obradom.

Pošto su brojevi polaganja prema načinu (261 u obliku testa – 49% i 271 rešavanjem radnog zadatka – 51%) istog reda veličine ($50\% \pm 1\%$), te da se može smatrati i da su brojevi studenata koji su polagali na ta dva načina (235 u obliku testa – 53% i 207 rešavanjem radnog zadatka – 47%) istog reda veličine ($50\% \pm 3\%$), u okviru svojstvenog raščlanjavanja, sva saznanja, kao i ulazni podaci, za oba načina polaganja svih studenata, mogu se neposredno porediti i iz tih poređenja doneti novi zaključci.

Prema tome, bez potrebe za svođenjem ranije donetih saznanja o ishodima ocenjivanja radova sprovedenih na ova dva načina, možemo da primetimo da su prosečni brojevi bodova nakon oba termina za rad za sve četiri godine studija koje obuhvata ovo istraživanje (prosek je 19,04 bodova), koje mogu da budu u opsegu od 0 do najveće ostvarive vrednosti 30 (u 2017. je za 0,9 bodova iznad proseka, u 2018. je za 0,39 bodova ispod proseka, u 2019. je za 0,32 bodova ispod proseka i u 2020. je za 0,19 bodova ispod proseka), istog reda veličine, jer je utvrđeno da je odstupanje od prosečne vrednosti u opsegu od -0,39 do +0,9 bodova, tj. od -1,3% do 3% od najveće ostvarive vrednosti.

Iz ovoga može da se donese zaključak da je učinak studenata isti bez obzira na različiti način polaganja, ako se uzme u obzir cela školska godina u kojoj su studenti imali priliku da rade elektronski test ili da rešavaju zadatak dva puta u dva termina svake školske godine.

Kako bi traženje odgovora na istraživačko pitanje bilo usklađeno sa pretpostavkom (3) iz postavke ovog istraživanja, postupak utvrđivanja da li je učinak nakon radova testova ili radnih zadataka istovetan je ponovljen, uz uvažavanje navedene pretpostavke.

Prema tome, možemo da primetimo da su prosečni brojevi bodova nakon prvog termina za rad za sve četiri godine studija koje obuhvata ovo istraživanje (prosek je 17,47 bodova, a broj bodova u 2017. je za 0,36 bodova ispod proseka, u 2018. je za 1,79 bodova ispod proseka, u 2019. je za 0,44 bodova iznad proseka i u 2020. je za 1,72 bodova ispod proseka), približno istog reda veličine, jer je utvrđeno da je odstupanje od prosečne vrednosti u

opsegu od -1,79 do +1,72 boda, tj. od -5,9% do 5,7% od najveće ostvarive vrednosti. Tokom godina kada je način polaganja sproveden rešavanjem radnog zadatka, prosečni broj bodova nakon prvog polaganja je bio 16,40 bodova, dok je tokom godina kada je način polaganja vršen elektronskim testom, prosečni broj bodova nakon prvog polaganja bio 18,55 bodova.

Primetno je da su ishodi ocenjivanja u prve dve posmatrane godine, kada je način polaganja sproveden rešavanjem radnog zadatka, ispod proseka, dok su ishodi ocenjivanja u naredne dve posmatrane godine, kada je način polaganja vršen elektronskim testom, iznad proseka. Iako je razlika proseka brojeva ostvarenih bodova nakon prvog termina za dva različita načina polaganja 2,15 bodova, može se doneti zaključak da studenti u slučaju primene oba načina polaganja postiču približno isti uspeh, što posebno može da potvrdi uvid u zaključak donet kada se uzmu u obzir i jedan i drugi termin u školskoj godini tokom kojih studenti imaju priliku da polažu ispit.

Ova dva zapažanja pomažu da se donesu dva zaključka, od kojih se jednim može odgovoriti na jedno od istraživačkih pitanja, a iz drugog dolazi do novog saznanja da studenti postiču bolji uspeh kada ispit polažu u vidu elektronskog testa u prvom terminu, ali se do kraja školske godine učinak na ova načina polaganja izjednači.

Odgovor 7 – Odgovor na istraživačko pitanje (G)

Na osnovu ovih saznanja, moguće je dati odgovor na istraživačko pitanje **(G)**, koje je potvrdno i kojim se potvrđuje hipoteza **(III)** ovog istraživanja.

Ako pogledamo i uporedimo krive razdeoba učestalosti brojeva bodova na kraju svake od četiri školske godine, možemo da primetimo da među njima postoji značajna sličnost sa krivom razdeobe učestalosti brojeva bodova na kraju svih godina. Očigledna je težnja ka normalnoj razdeobi brojeva bodova sa težnjom u smeru pozitivnih ocena u sve četiri godine, sa akcentom na postojanje jednog broja studenata koji se odlikuju izuzetno dobrim uspehom, koji čini da kriva prosečne razdeobe broja bodova teži uzlazno pri graničnom broju bodova (30), u poslednjih 10% (27-30 bodova) opsega bodova.

Ovo zapažanje nam potvrđuje da su i elektronski testovi i zadate postavke radnih zadataka ujednačene u pogledu složenosti i kod studenata. Ovo je tačno i bez obzira na prethodne pretpostavke iz postavke istraživanja, ali je dodatno potvrđeno ako uzmemo u obzir pretpostavku **(I)** i smatramo da sve grupe studenata jesu istovetne u pogledu predznanja iz oblasti koje su predmet provere stečenih radnih znanja nakon nastave.

Odgovor 8 – Potvrda odgovora na istraživačko pitanje (G)

Na osnovu ovog zaključka može se dodatno potvrditi hipoteza **(III)** potvrđivanjem prethodno datog odgovora na istraživačko pitanje **(G)**.

8 Rasprava o ishodima istraživanja

U ovom poglavlju je navedeno razmatranje prethodno prikazanih ishoda vrednosnih i svojstvenih raščlanjavanja prikupljenih podataka na kojima se zasniva istraživanje. Kroz raspravu o ishodima istraživanja su napravljene veze sa razmatranjima prikazanim u okviru studija slučaja dva opisana sopstvena rešenja za ocenjivanje stepena usvojenih znanja i stečenih radnih veština studenata.

Zapažanja i stečena saznanja koja proizilaze iz ranije obavljenih i predstavljenih ishoda uvedenih obrada su ponovljena i istaknuta u obliku potrebnom da na osnovu njih može da se odgovori na prvobitno postavljena istraživačka pitanja, kao i da se naknadno mogu doneti ukupni zaključci istraživačkog rada.

Poglavljje se deli na raspravu o samim ishodima obrade podataka, ali i na raspravu o ograničenjima koja su u određenoj meri mogla da utiču na sprovođenje ovog istraživanja, kao i o načinima na koje su ta ograničenja prevaziđena.

Posebna pažnja je posvećena objektivnom razmatranju ishoda obrade podataka, ali je u razmatranjima prikazano i nekoliko ličnih zapažanja autora o samim ishodima ocenjivanja, kao i njegovo mišljenje o značenju pojedinih prikazanih ishoda obrade podataka.

Obradom podataka, nastala su saznanja koja su pomogla da se daju odgovori na osnovna pitanja u postavci teze ovog istraživanja, ali i na druga pitanja koja su nastala u toku obrade prikupljenih podataka, a koja su važna za ukupan tok istraživačkog postupka.

Razmatranjem slika prikazanih u odeljku vrednosnog raščlanjavanja prethodnog poglavlja, moguće je doneti određene zaključke o samim podacima i o značenju dobijenih saznanja. U nastavku su prikazana njihova razmatranja.

Posmatrajući slike 10 i 11, ako se uzme u obzir da je broj studenata koji su polagali na navedene načine srazmeran, kao i da je ukupan broj polaganja srazmeran, dalji ishodi raščlanjavanja mogu da se razmatraju bez primene posebnog množioca, te dodatna obrada istih nije bila potrebna.

Saznanja dobijena odgovorima na dva pitanja na osnovu ishoda obrade prikazanih na slici 12, iako korisna, treba ih posmatrati uz uzimanje u obzir i sam način polaganja. Zato je bilo potrebno da se obavi dodatno prebrojavanje i da se utvrdi da li su studenti koji su polagali na jedan od dva posmatrana načina polagali samo jednom ili dva puta.

Postoji mogućnost da su veliki uspeh studenata u prvom terminu i način polaganja putem testa, kod preostalih studenata stvorili osećaj da mogu bez značajnije pripreme da polože u drugom terminu, dok je u slučaju grupa koje su polagale rešavanjem radnog zadatka, upravo taj način polaganja, zajedno sa manjim ukupnim uspehom studenata posle prvog termina doveo do osećaja potrebe za temeljnijom pripremom za polaganje u drugom terminu.

Drugi mogući razlog je da su studenti sa većim stepenom usvojenog znanja i stečenih radnih veština 2017. i 2018. godine procenili da postoji potreba za većom pripremom za način polaganja i da su u prvom terminu izašli da pokušaju da primene svoje stečene radne veštine. Sa druge strane, studentima je sama primena stečenih radnih veština 2019. i 2020. godine bila u manjoj meri potrebne prilikom rešavanja testova, što može da objasni veću prolaznost već u prvom terminu. Posledično, bolji studenti su u prvom terminu položili, te je u drugom terminu većina studenata koji su izašli da rade test bila lošije pripremljena, što može da objasni lošiji uspeh.

Bez dodatnog pregledanja samih ishoda ocenjivanja testova, nije moguće doneti nesporan zaključak o tome šta je razlog za ovakav ishod. Zato, za sada ostaje samo mogućnost istraživanja verovatnoća navedenih pretpostavki.

Takva saznanja mogu da pomognu da se dođe do novih zaključaka i novih saznanja o tome kako je jedan način polaganja u odnosu na drugi uticao na odluke i potrebe studenata da ponove rad.

Upravo ta saznanja, prikazana na slici 13, omogućavaju da se donese zaključak da su studenti koji su polagali test ređe odlučivali da polažu drugi put, dok su se studenti koji su, kao način polaganja, rešavali radni zadatak, češće odlučivali da rade drugi put. Čak 31% studenata koji su rešavali radni zadatak, polagali su dva puta, dok se samo 11% studenata koji su polagali test odlučilo da polaže drugi put.

Vrednosti prikazane na slici 14 ne proširuju neposredno saznanja koja su već stečena sa slike 13, jer na ranijoj slici se ne vidi u kojim terminima su studenti polagali, već samo koliko puta su polagali.

Ipak, ova slika pruža uvid u to koliko puta su studenti polagali tokom godina, po terminima, gde jasno može da se utvrdi da je svake godine većina polaganja sprovedena u prvom terminu te godine.

Međutim, vidi se da je u godinama kada je polaganje bilo u vidu rešavanja radnog zadatka (2017. i 2018.) bilo znatno više polaganja i u drugom terminu, u odnosu na godine od kada je počela primena elektronskog testa kao načina polaganja (2019. i 2020.).

Podatak o tome koliko polaganja je bilo, sam po sebi ne objašnjava zbog čega su studenti polagali i u drugom terminu, dok se ne uzme u obzir da li su studenti već nakon prvog termina imali uslov da polože taj poseban deo.

U svim slučajevima prikazanim na slici 15, vidi se da je više studenata položio nakon rada u prvom terminu. Primetno je da je 2017. i 2018. godine, kada je polaganje bilo u vidu rešavanja radnog zadatka, manji udeo studenata položio nakon prvog termina i da je veći deo položio tek posle drugog termina, dok je 2019. i 2020. godine, kada je kao način polaganja primenjivan elektronski test, najviše studenata položilo u prvom terminu.

Iako sva do sada utvrđena saznanja ne omogućavaju da se donese konačan zaključak, primetan je obrazac koji ukazuje na to da je studentima vrlo verovatno lakše da polože kada rade elektronski test sa ponuđenim odgovorima, nego da rešavaju radni zadatak.

Slika 15 pokazuje koliko studenata je položilo nakon pojedinačnih termina. Međutim, ta slika ne prikazuje koliko studenata je u tom posebnom terminu izašlo na polaganje posebnog dela. Tek pošto se uzme i taj podatak u obzir, moguće je doneti nove zaključke na osnovu novodobijenih saznanja. Ova saznanja je moguće steći ako se izračuna koliko studenata je položilo od ukupnog broja studenata koji su izašli u pojedinačnim terminima.

Slika 16, koja pokazuje udeo, zajedno sa slike 14, daje odgovor na ranije postavljena pitanja o tome "Koji je broj studenata koji su položili iz prvog polaganja?", "Koji je udeo studenata koji su položili iz prvog polaganja?", "Koji je broj studenata koji su položili iz drugog polaganja?" i "Koji je udeo studenata koji su položili iz drugog polaganja?"

Naime, može da se primeti da je 2017. i 2018. godine, kada je polaganje bilo u vidu rešavanja radnog zadatka, broj studenata koji su položili u odnosu na broj izašlih, u drugom terminu bio veći nego u prvom terminu.

Sa druge strane, 2019. i 2020. godine, kada je elektronski test primenjivan kao načina polaganja, primetno je obrnuto. Manji udeo studenata je položio u drugom nego u prvom terminu.

Iako je na osnovu slike 15 mogao da bude donet zaključak da je polaganje rešavanjem radnog zadatka studentima bilo teže, jer je prolaznost u prvom terminu bila manja, prema podacima sa slike 16 je jasno da su se studenti za drugi termin bolje pripremili i da je prolaznost u drugom terminu bila veća. Sa druge strane, na osnovu slike 15 se može doneti zaključak da je test znatno lakši način polaganja za većinu studenata koji su već u prvom terminu za polaganje u najvećem broju slučajeva položili poseban deo, dok je sa slike 16 primetno da su u drugom terminu ostali studenti postigli manju prolaznost, tj. udeo studenata koji je položio je manji nego u prvom terminu.

¹⁷ Na osnovu slike 17 može da se primeti da je 2017. i 2018. godine, prilikom polaganja rešavanjem radnog zadatka, prosečan broj bodova, tj. ocena rada, nakon prvog termina bila niža od prosečnog broja bodova nakon drugog termina.

Sa iste slike vidi se da je 2019. i 2020. godine, kada je polagano putem elektronskog testa, prosečan broj bodova bio viši nakon prvog termina u odnosu na drugi termin. Manje odstupanje je primetno kod studenata koji su predmet pratili i test polagali 2019. godine.

Na osnovu saznanja prikazanih na slici 18, moguće je utvrditi da je 2017. i 2018. godine, kada su studenti rešavali radni zadatak, prosečna ocena studenta koji su polagali dva puta bila veća u odnosu na prosečnu ocenu studenata koji su polagali samo jednom.

Iz istih podataka, u slučaju studenata koji su predmet pratili i polagali 2019. i 2020. godine, moguće je primetiti kako je prosečan broj bodova, tj. ocena rada, studenta koji su dva puta polagali niža u odnosu na prosečan broj bodova onih studenata koji su tada polagali samo jednom.

Podaci prikazani na slici 19³⁴ omogućavaju da se stekne utisak o tome kako je promena načina polaganja između perioda od 2017. do 2018. godine i od 2019. do 2020. godine uticala na mogućnost studenata da iskoriste drugi termin za polaganje koji im je stavljen na raspolaganje i da postignu bolji uspeh.

Primetno je da su studenti koji su 2018. godine pratili i polagali predmet i koji su rešavanjem radnog zadatka polagali poseban deo ispita bolje iskoristili drugi termin i šansu da poprave svoj uspeh.

Sa druge strane, studenti koji su predmet pratili i polagali 2020. godine su, nakon drugog termina, u proseku postigli lošiji uspeh.

Posmatrajući sliku 20, posebno je primetno da su studenti 2020. godine u manjoj meri uspeli da iskoriste drugi termin da poprave svoj uspeh, te da je čak 30% njih nakon rada u drugom terminu postiglo lošiji uspeh.

Ono što se vidi sa slike 21, bez obzira na razlike u prosečnom broju bodova studenata, kao i načinu, broju i vremenu njihovog polaganja, ukupna prolaznost na predmetu, na kraju školske godine, je bila oko tri četvrtine, tj. u proseku 75%.

Slike 22, 23, 24, 25 i 26 zajedno omogućavaju da se stekne opšti utisak o uspehu svih studenata koji su polagali posebne delove ispita, po godinama, ali i da se sagleda ukupan uspeh na predmetu, tokom godina.

Posebno je važno što je moguće uporediti razdeobe učestalosti brojeva bodova na krajevima godina kada su studenti polagali rešavanjem radnog zadatka sa razdeobama učestalosti brojeva bodova na krajevima godina kada su studenti polagali radom elektronskog testa sa ponuđenim odgovorima.

⁵ Pregledom ovako prikazanih saznanja na osnovu obrađenih podataka, moguće je zaključiti da je ukupan uspeh studenata koji su radili radne zadatke 2017. i 2018. godine bio u proseku bolji, sa većom učestalošću većih brojeva bodova u odnosu na uspeh studenata koji su polagali elektronske testove 2019. i 2020. godine.

9 Zaključak

U skladu sa ciljem da se naučno istraže razlike u utvrđivanju stepena stečenih radnih vještina studenata, korišćenjem automatizovanih postupaka ocenjivanja njihovih radova primenom elektronskih testova sa pitanjima zatvorene vrste i primenom rešavanja radnih zadataka, istraženi su izvori literature koji se bave ovim problemom. U literaturi je pronađeno više svedočanstava i ishoda istraživanja koja se bave istom i sličnom oblašću. Međutim, utvrđena je potreba za sprovođenjem sopstvene provere iznetih navoda, što je učinjeno razvojnim istraživanjem.

Za ovo istraživanje, korišćena su dva sopstvena programska rešenja, razvijena tako da koriste dva načina ocenjivanja znanja i vještina studenata. U radu su dati prikazi postupaka razvoja, upotrebe i ishoda upotrebe ovih rešenja za ocenjivanje. Prikupljeni podaci su pripremljeni i obrađeni. Nakon sprovedene brojčane obrade podataka i vrednosnog i svojstvenog raščlanjavanja dobijenih saznanja, doneti su zaključci i dati odgovori na istraživačka pitanja koja su u radu postavljena sa ciljem da se potvrde postavljene hipoteze.

Ovo istraživanje je važno zato što je pokazalo da je, uz odgovarajuću pripremu ispitnih sredstava, moguće koristiti programsko rešenje, koje je prvobitno osmišljeno sa ciljem ocenjivanja stepena usvojenih znanja, za sprovođenje ocenjivanja stepena stečenih radnih vještina.

Uz to, u radu su prikazani ishodi primene ova dva načina ocenjivanja, sprovedena kroz dva sopstvena rešenja, za duži vremenski period, od ukupno četiri godine, na uzorku od 442 studenata sa dva fakulteta i četiri smeru.

U radu je dokazano da je moguće obezbediti proveru i ocenjivanje stepena stečenih radnih vještina studenata automatizovanim postupkom, da je moguće elektronskim testom utvrditi stepen stečenih radnih vještina studenata, da je upotreba elektronskog testa podjednako tačna prilikom utvrđivanja stepena stečenih radnih vještina studenata kao i rešavanje radnih zadataka, ali i da rešenja za automatizovano ocenjivanje rešavanje radnih zadataka obezbeđuju veću tačnost ishoda ocenjivanja i da obezbeđuju nepristrasnost, kao i da je moguće razviti sopstvena softversko rešenja za automatizovanu ocenu stepena stečenih radnih vještina studenata, što je pokazano na primeru dva sopstvena rešenja.

S obzirom na to da rad prikazuje istraživanje primene dva sopstvena programska rešenja za automatizovano ocenjivanje stepena usvojenih znanja i stečenih radnih vještina u obrazovanju u oblasti računarstva, autor smatra da je prikladno da zaključak naročito završi citatom Ejde King Lavlejs o njenom viđenju učenja, posebno u oblasti programiranja u kojoj je dala veliki doprinos: "Što više učim, osećam da je moj genij nezasitniji".

9.1 Sažetak doprinosa

Predstavljeno istraživanje ima, kako stručni, tako i naučni doprinos. Istraživanje daje navedene doprinose potvrđivanjem postavljenih hipoteza. Hipoteze ovog istraživanja su potvrđene davanjem odgovora na postavljena istraživačka pitanja. Odgovori na istraživačka pitanja su doneti obradom podataka, sprovedenim studijama slučaja i vrednosnim i svojstvenim raščlanjavanjima svih pojedinačnih zaključaka donetih u toku istraživanja.

Istraživanje ne obuhvata proveru i ocenjivanje stepena usvojenog znanja, već isključivo stepen stečenih radnih veština studenata. Vrednost ovakvog istraživanja je u tome što teži da utvrdi najbolje načine za sprovođenje postupka provere i ocenjivanja stečenih radnih veština u oblasti računarstva i da predstavi i uporedi ishode upotrebe dva različita sopstvena rešenja.

Oblasti računarstva i informacionih tehnologija su u savremenom društvu značajni pokretači promena i jedni su od vodećih ekonomskih oblasti industrije. Pouzdano i tačno ocenjivanje je važan element celokupnog postupka obrazovanja i podstiču povećanje kvaliteta celokupnog sistema obrazovanja u ovoj oblasti, te se nameće kao opravdano pitanje za ovakvo istraživanje i nedvosmisleno ukazuje na značaj teme.

Doprinos istraživanja se ogleda prvenstveno u temeljnom pregledu dostupne literature, raščlanjivanjem dostupnih podataka, pregledom studije slučaja dva različita pristupa rešavanju predstavljenog problema i pokušajem da se dođe do zaključka i predloga pouzdanih načina za sprovođenje postupka provere stepena stečenih radnih veština, posebno sa osvrtom na oblasti računarstva i informacionih tehnologija, čija relevantnost u industriji čini ovo istraživanje značajnim.

U skladu sa ciljem, navedenim u uvodu, doprinos ovog rada se ogleda u:

- Pregledu postojećih načina sprovođenja postupka provere i ocenjivanja stečenih radnih veština studenata na predmetima u oblasti računarstva;
- Utvrđivanju mogućnosti upotrebe elektronskog testa u svrhu provere i ocenjivanja stečenih radnih veština u oblasti računarstva;
- Prikazu dva sopstvena rešenja za automatizovanu ocenu stepena stečenih radnih veština studenata u oblasti računarstva;
- Nalaženju načina za smanjenje uticaja ispitivača na ishod ocenjivanja studentskih radova i obezbeđivanje nepristrasnosti u postupku ocenjivanja.

Cilj u službi nauke može da se opiše kao potreba za analizom postojećih načina za sprovođenja postupka ocenjivanja stečenih radnih veština studenata u oblasti računarstva.

Cilj u službi struke je prikaz dva sopstvena rešenja za automatizovano ocenjivanje studenata koji mogu da se koriste za ocenu stepena stečenih radnih veština studenata u oblasti računarstva, a koji funkcionišu na dva različita načina, gde je jedan prilagođen proveru stepena usvojenog znanja, a drugi posebno razvijen za potrebe pregledanja i ocenjivanja rešenja praktičnih radova studenata, posebno u oblasti računarstva i informacionih tehnologija.

Cilj u službi društva se ogleda u smislu pomoći obrazovnim ustanovama, ali i nastavnicima i ispitivačima da na predmetima u oblasti računarstva i informacionih tehnologija, na kojima je pretežno zastupljeno sticanje radnih veština, obezbede tačno, brzo i nepristrasno ocenjivanje.

9.2 Ograničenja istraživanja

Prilikom utvrđivanja ograničenja istraživanja, kritički se razmatra pouzdanost postupaka obrade podataka, ishod obrade, doneti zaključci, kao i postupak prikupljanja ulaznih podataka i odabir pregledane literature.

Počev od literature koja je obrađena u okviru ovog istraživanja, 51% izvora su iz perioda od 2010. do 2021. godine, 35% iz perioda od 2000. do 2010. godine, 10% iz perioda od 1990. do 2000. godine i preostalih 5% su objavljeni pre 1990. godine. Međutim, svega 31% literature je objavljeno 2020. godine, te se može smatrati da su izvori literature vrlo ažurni. U pogledu raspodele literature prema tipu, 32% izvora su radovi u naučnim časopisima, 24% su elektronski izvori, 13% je stručna literatura i knjige, 12% su radovi objavljeni u zbornicima naučnih konferencija, 12% su izveštaji, disertacije i zvanične dokumentacije, 5% su veb sajtovi i članci objavljeni u obliku veb stranica, dok se među preostalim 2% izvora nalaze video snimci, predavanja, kursevi i drugi materijali.

Kada je reč o obimu uzorka, nad kojim je sprovedena brojčana obrada, on je sastavljen od 532 rada koje je radilo ukupno 442 studenata tokom 4 godine, koji predstavljaju period koji obuhvata ovo istraživanje. Studenti čiji radovi su bili predmet ovog istraživanja su sa četiri informatička i elektrotehnička smera, na fakultetima Univerziteta Singidunum, na kojima se izučava isti predmet iz oblasti računarstva. U pitanju su smerovi: Elektrotehnika i računarstvo, Informatika i računarstvo, Informacione tehnologije i Softversko i informaciono inženjerstvo.

Svi studenti su slušali predmet Operativni sistemi, na kojima je autor ovog istraživanja bio angažovan kao predmetni asistent. ² samim tim zadužen za sprovođene ocenjivanja stepena stečenih radnih veština. S obzirom na to da je u pitanju obavezan predmet na svim navedenim smerovima, predmet su pohađali svi studenti iz generacije koja je tokom 4 godine (2017, 2018, 2019. i 2020) pratila predmet. Uzorak je pripremljen da bude u skladu sa pretpostavkom (2).

Tokom istraživanja, u skladu sa pretpostavkom (1), nisu uzimane u obzir demografske i druge razlike među studentima, a ulazni podaci su obezličeni u cilju zaštite podataka o ličnosti studenata. Zbog ovoga, istraživanje nije u mogućnosti da ponudi saznanja o postignutim uspesima studenata razvrstanim prema demografskim i drugim svojstvima.

S obzirom na to da su podaci uzorkovani neprobabilističkim načinom, koji se zasniva na sopstvenim merilima postavljenim od strane autora, umesto probabilističkog, koji bi se zasnivao na merilima matematičke verovatnoće. Međutim, upravo činjenica da istraživanje obuhvata sve studente koji pripadaju smerovima u tehničko-tehnološkom i prirodno-matematičkom polju i koji su u navedenim školskim godinama pratili isti predmet, koji spada u oblast računarstva, može se smatrati da je uzorak jednoličan u tom pogledu, te da su autorova postavljena merila u ovom smislu opravdana.

Jedno od ograničenja ovog istraživanja je to što se ono odnosi na kratak vremenski period, te ono ne omogućava da se stvori uvid u promene koje bi bile primetne da je uzet u obzir širi vremenski okvir.

U tom smislu, za svaku pojedinačnu školsku godinu, istraživanje se može smatrati jednokratnim, a za period od po dve školske godine po načinu sprovođenja procene stepena stečenih radnih veština, ne mogu se uzeti u obzir eventualne uočene promena radi donošenja zaključka o postojanju eventualnih uzročno-posledičnih odnosa.

Ono što ovo istraživanje omogućava jeste neposredno poređenje tih jednokratnih merenja i zaključaka radi potvrđivanja hipoteza postavljenih u uvodu ovog rada.

U istraživanju su korišćena rešenja za utvrđivanje stepena stečenih radnih veština studenata koja nisu otvorenog koda i koja se koriste samo na Univerzitetu Singidunum, te je ponavljanje istraživanja izvan Univerziteta Singidunum neizvodljivo u ovom trenutku. Međutim, precizan opis razvoja programskih rešenja otvara mogućnost da se slična rešenja razviju i stave u upotrebu na drugim institucijama i da se slično istraživanje ponovi.

Uprkos prikazanim ograničenjima, ishodi ovog istraživanja su jasno predstavljeni i potvrđeni datim odgovorima na istraživačka pitanja kojima su potvrđene postavljene hipoteze u skladu sa polaznim pretpostavkama.

9.3 Dalja istraživanja

Ukoliko se uzmu u obzir prikazana ograničenja istraživanja, nameću se predlozi za dalji istraživački rad uz poboljšan i proširen okvir i obuhvat naučno-istraživačkim postupcima. Samo istraživanje se može ponoviti na uzorku dobijenom za druge predmete u istom ili drugom vremenskom periodu.

Takođe, istraživanje se može ponoviti uz promene u vidu podele iste grupe studenata u dve grupe, gde bi jedna grupa koristila rešenje za automatsko pregledanje elektronskih testova, a druga rešenje za automatizovano pregledanje rešenja radnih zadataka.

Prema tome, smernice za dalja istraživanja obuhvataju proširenje izvora ulaznih podataka, uključanje demografskih osobina studenata tokom obrade podataka i donošenja zaključaka i stvaranja novih saznanja, istraživanje novih programskih rešenja koja mogu da se koriste za utvrđivanje stepena stečenih radnih veština studenata na stručnim predmetima iz oblasti računarstva, ali i iz drugih oblasti, posebno imajući u vidu verovatnoću razvoja takvih novih rešenja, pokrenutu iz potrebe nastale usled novih okolnosti u oblasti obrazovanja tokom pandemije nove bolesti *Covid-19*, izazvane virusom Korona.

Opisani postupak istraživanja uticaja korišćenja različitih načina utvrđivanja i ocenjivanja stepena stečenih radnih veština studenata može da bude proširen na više visoko-školskih ustanova koje sprovode nastavu na predmetima srodnog sadržaja i obima gradiva, u zemlji i u inostranstvu.

Odgovori na istraživačka pitanja

– Odgovor na istraživačko pitanje (B).....	37
– Odgovor na istraživačko pitanje (D)	37
– Odgovor na istraživačko pitanje (A)	47
– Odgovor na istraživačko pitanje (V)	74
– Potvrda odgovora na istraživačko pitanje (V)	74
– Potvrda odgovora na istraživačko pitanje (A)	90
– Odgovor na istraživačko pitanje (G)	105
– Potvrda odgovora na istraživačko pitanje (G)	105

Bibliografske reference

- [1] J. Bačević i S. Petrovska, „Analiza javnih politika u Srbiji: obrazovanje“, *Zbornik radova: Javne politike Srbije*, pp. 85-106, 2011.
- [2] I. Jarić i M. Vukasović, „Bolonjska reforma visokog školstva u Srbiji: Mapiranje faktora niske efikasnosti studiranja“, *Filozofija i društvo*, pp. 119-151, 2009.
- [3] *Bolonjska deklaracija*, Bolonja, 1999.
- [4] Službeni glasnik Republike Srbije, *Strategija razvoja obrazovanja u Srbiji do 2020. godine*, Beograd: Sl. glasnik RS, br. 107/2012, 2012.
- [5] M. Elbeck i D. Bacon, „Toward Universal Definitions for Direct and Indirect Assessment“, *Journal of Education for Business*, t. 90, br. 5, pp. 278-283, 2015.
- [6] Službeni glasnik Republike Srbije, *Zakon o visokom obrazovanju*, Beograd: Sl. glasnik RS, br. 76/05, 100/07, 97/08 i 44/10, 2005.
- [7] G. Sim, P. Holifield i M. Brown, „Implementation of computer assisted assessment: lessons from the literature“, *ALT-J: Research in Learning Technology*, t. 12, br. 3, pp. 215-229, 2004.
- [8] Univerzitet Singidunum, „Pravilnik o pravilima i organizaciji studija na osnovnim akademskim studijama“, Univerzitet Singidunum, 25.04.2018. na mreži. Available: <https://repository.singidunum.ac.rs/files/2018/05/pravilnik-o-pravilama-i-organizaciji-studija-na-osnovnim-akademskim-studijama.pdf>.
- [9] J. Carter, K. Ala-Mutka, U. Fuller, M. Dick, J. English, W. Fone and J. Sheard, „How shall we assess this?“, in *Working Group Reports from ITiCSE on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Thessaloniki, Greece, 2003.
- [10] L. Kirsti, „A Survey of Automated Assessment Approaches for Programming Assignments“, *Computer Science Education*, vol. 15, pp. 83-102, 2005.
- [11] J. English i T. English, „Experiences of Using Automated Assessment in Computer Science Courses“, *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, t. 14, pp. 237-254, 2015.
- [12] J. Chen, „An Approach for Assessing Students' Performance in Software Engineering Capstone Projects“, u *Recent Researches in Educational Technologies (EDUCATION '11)*, Corfu Island, Greece, 2011.
- [13] A. Pears, S. Seidman, L. Malmi, L. Mannila, E. Adams, J. Bennedsen, M. Devlin, J. Paterson, „A survey of literature on the teaching of introductory programming“, u *ITiCSE07: 12th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, New York, 2007.
- [14] C. Douce, D. Livingstone i J. Orwell, „Automatic test-based assessment of programming: A review“, *Journal on Educational Resources in Computing*, t. 5, br. 3, pp. 4-17, September 2005.
- [15] S. Brown, J. Bull i P. Race, *Computer-Assisted Assessment in Higher Education*. Staff and Educational Development Series, Kogan Page, 1999.
- [16] J. Bull, „Computer-Assisted Assessment: Impact on Higher Education Institutions“, *Educational Technology & Society*, t. 2, br. 3, pp. 123-126, July 1999.
- [17] G. Conole i B. Warburton, „A review of computer-assisted assessment“, *Research in Learning Technology*, t. 13, br. 1, pp. 17-31, 1 March 2005.
- [18] D. Massoudi, S. Koh, P. J. Hancock i L. Fung, „The Effectiveness of Usage of Online Multiple Choice Questions on Student Performance in Introductory Accounting“, *Issues in Accounting Education*, t. 32, br. 4, pp. 1-17, February 2017.
- [19] K. Woodford i P. Bancroft, „Multiple Choice Questions Not Considered Harmful“, u *Conferences in Research and Practice in Information Technology Series*, Newcastle, Australia, 2005.
- [20] S. P. Coderre, P. Harasym, H. Mandin i G. Fick, „The impact of two multiple-choice question formats on the problem-solving strategies used by novices and experts“, *BMC Medical Education*, t. 4, br. 1, 2004.
- [21] J. Parkes i D. Zimmaro, *Learning and Assessing with Multiple-Choice Questions in College Classrooms*, Abingdon-on-Thames: Routledge, 2016.

- [22] M. Bush, „A Multiple Choice Test that Rewards Partial Knowledge,“ *Journal of Further and Higher Education*, t. 25, br. 2, pp. 157-163, 3 August 2010.
- [23] S. Yaman, „The Optimal Number of Choices in Multiple-Choice Tests: Some Evidence for Science and Technology Education,“ *The New Educational Review*, t. 23, br. 1, pp. 227-241, 2011.
- [24] K. S. Thayn, „An Evaluation of Multiple Choice Test Questions Deliberately Designed to Include Multiple Correct Answers,“ *All Theses and Dissertations*, 2450, 16 December 2010.
- [25] G. J. Cizek i D. M. O'Day, „Further Investigation of Nonfunctioning Options in Multiple-Choice Test Items,“ *Educational and Psychological Measurement*, t. 54, br. 4, pp. 861-872, 1 December 1994.
- [26] J. Verner, J. Sampson, V. Tosic, N. Abu Bakar i B. A. Kitchenham, „Guidelines for industrially-based multiple case studies in software engineering,“ u *2009 Third International Conference on Research Challenges in Information Science*, Fez, Morocco, 2009.
- [27] C. Wohlin, M. Höst i K. Henningsson, „Empirical Research Methods in Software Engineering,“ *Lecture Notes in Computer Science*, t. 2765, pp. 7-23, 2003.
- [28] M. I. Miljević, *Metodologija naučnog rada*, Pale: Filozofski fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, 2007.
- [29] L. M. Given, Ur., *The Sage encyclopedia of qualitative research methods*, SAGE Publications, Inc., 2008.
- [30] D. Mihailović, *Metodologija naučnih istraživanja*, Beograd: FON, 2004.
- [31] Ž. Adamović, *Teorija sistema*, Zrenjanin: Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", 2005, pp. 124-154.
- [32] S. Branković, *Uvod u metodologiju - Kvalitativni metodi istraživanja društvenih pojava*, Beograd: Megatrend Univerzitet primenjenih nauka, 2007.
- [33] K. Poper, *Logika naučnog otkrića*, Beograd: Nolit, 1973.
- [34] A. Turner, „How many smartphones are in the world?,“ BankMyCell, 13 07 2020. [Online]. Available: <https://www.bankmycell.com/blog/how-many-phones-are-in-the-world>. [Accessed 11 7 2020].
- [35] B. Engel, „History of the Internet and the Colleges That Built It,“ 5 November 2013. [Na mreži]. Available: <https://edtechmagazine.com/higher/article/2013/11/history-internet-and-colleges-built-it>. [Poslednji pristup 17 12 2020].
- [36] T. Tatnall, „Schools, Students, Computers and Curriculum in Victoria in the 1970s and 1980s,“ *Reflections on the History of Computers in Education - Early Use of Computers and Teaching about Computing in Schools*, t. 424, pp. 246-265, 2014.
- [37] J. Molnar, „Computers in Education: A Brief History,“ 01 06 1997. [Na mreži]. Available: <https://thejournal.com/Articles/1997/06/01/Computers-in-Education-A-Brief-History.aspx>. [Poslednji pristup 20 12 2020].
- [38] M. M. Sysło, „The First 25 Years of Computers in Education in Poland: 1965-1990,“ *Reflections on the History of Computers in Education - Early Use of Computers and Teaching about Computing in Schools*, t. 424, pp. 266-290, 2014.
- [39] J. Koivisto, „Computers in Education in Finland,“ *Reflections on the History of Computers in Education - Early Use of Computers and Teaching about Computing in Schools*, t. 424, pp. 239-245, 2014.
- [40] E. Murdock, „History, the History of Computers, and the History of Computers in Education,“ 2007. [Na mreži]. Available: <https://web.csulb.edu/~murdock/histofcs.html>. [Poslednji pristup 20 12 2020].
- [41] D. Passey, „Early Uses of Computers in Schools in the United Kingdom: Shaping Factors and Influencing Directions,“ *Reflections on the History of Computers in Education - Early Use of Computers and Teaching about Computing in Schools*, t. 424, pp. 131-149, 2014.
- [42] J. Osorio i J. Nieves, „The Beginnings of Computer Use in Primary and Secondary Education in Spain,“ *Reflections on the History of Computers in Education - Early Use of Computers and Teaching about Computing in Schools*, t. 424, pp. 121-130, 2014.
- [43] D. Leahy i D. Dolan, „The Introduction of Computers in Irish Schools,“ *Reflections on the History of Computers in Education - Early Use of Computers and Teaching about Computing in Schools*, t. 424, pp. 164-173, 2014.

- [44] M. Tedre, S. i L. Malmi, „Changing aims of computing education: a historical survey,“ *Computer Science Education*, t. 28, br. 2, pp. 158-186, 2018.
- [45] K. R. Parker, P. S. Nitse i B. Davey, „History of Computing Education Trends: The Emergence of Competitive Intelligence,“ *History of Computing and Education 3 (HCE3), IFIP Advances in Information and Communication Technology*, t. 269, pp. 5-7, 2008.
- [46] M. Armoni i J. Gal-Ezer, „Early computing education – why? What? When? How?,“ *ACM Inroads*, t. 5, pp. 54-59, December 2014.
- [47] S. J. Lukasiak, „Why the Arpanet Was Built,“ *IEEE Annals of the History of Computing*, t. 33, br. 3, July-September 2011.
- [48] J. Palme, „Before the Internet: Early Experiences of Computer Mediated Communication,“ u *History of Nordic Computing 3. HiNC 2010. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Berlin, 2010.
- [49] K. Antelman, E. Lynema and A. K. 207, „Toward a Twenty-First Century Catalog,“ *Information Technology and Libraries (ITAL)*, vol. 25, no. 3, pp. 128-139, 1 Septembar 2006.
- [50] S. Niesner, „Eine vergleichende Analyse von Enterprise- Suchmaschinen für die Indexierung von Katalogdaten,“ TH Köln, Cologne, 2017.
- [51] K. Zickuhr, L. Rainie i K. Purcell, „Library services in the digital age,“ *Pew Internet & American Life Project*, Washington, 2013.
- [52] 143ue Online, „Evolution Technology Classroom,“ [Na mreži]. Available: <https://online.purdue.edu/blog/education/evolution-technology-classroom>.
- [53] M. Murphy, „From dial 96 to 5G: a complete guide to logging on to the internet,“ 29 October 2019. [Na mreži]. Available: <https://qz.com/1705375/a-complete-guide-to-the-evolution-of-the-internet>. [Poslednji pristup 18 12 2020].
- [54] 92 Austin, „The Growth Of The Internet: From 1990 to 2019,“ 13 May 2019. [Na mreži]. Available: <https://absolute.digital/magazine/the-growth-of-the-internet-from-1990-to-2019>.
- [55] M. Filipović, I. Đorđević i M. Čukanović-Karavidić, „Uticaj globalizacije na razvoj visokog obrazovanja,“ *Andragoške studije*, t. 2, pp. 46-64, novembar 2011.
- [56] Radna grupa za Smernice globalnog obrazovanja, „Smernice za globalno obrazovanje - Koncepti metodologije globalnog obrazovanja za edukatore i kreatore politike,“ Centar Sever-Jug Saveta Evrope, 2008.
- [57] StackOver 142, „Developer Survey Results 2017 : Other Types of Education,“ 2017. [Na mreži]. Available: https://insights.stackoverflow.com/survey/2017#developer-profile_-_other-types-of-education. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [58] StackOverflow, „Developer Survey Results 2020,“ 2020. [Na mreži]. Available: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020>. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [59] StackOverflow, „Stack Overflow Developer Survey 2021,“ 2021. [Online]. Available: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2021>. [Accessed 10 2021].
- [60] CodinGame, „Codingame 155 Developer Survey Report : How Do Developers Learn To Code?,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.codingame.com/work/codingame-developer-survey-2020/#page5>. [Accessed 27 11 2020].
- [61] HackerRank, „2020 HackerRank Developer Skills Report,“ 2020. [Online]. Available: <https://research.hackerrank.com/developer-skills/2020>. [Accessed 20 12 2020].
- [62] A. Adaya, „The Good, The Bad, And The Ugly Side Of Becoming A Self-Taught Developer : And everything else in between,“ 11 April 2020. [Online]. Available: <https://medium.com/javascript-in-plain-english/the-good-the-bad-and-the-ugly-side-of-becoming-a-self-taught-developer-3bc49bf2b80d>. [Accessed 27 11 2020].
- [63] V. Cassone, „Less 72 Learned from My Journey as a Self-Taught Developer,“ 28 May 2020. [Na mreži]. Available: <https://www.freecodecamp.org/news/lessons-learned-from-my-journey-as-a-self-taught-developer>. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [64] A. Adaya, „Every Self-Taught Developer’s Bad Habits That Needs To Stop 117 Now,“ 21 June 2020. [Na mreži]. Available: <https://medium.com/javascript-in-plain-english/every-self-taught-developers-bad-habits-that-needs-to-stop-right-now-5176c241d7e1>. [Poslednji pristup 27 11 2020].

- [65] M. Riva, „The Frustration of Being a Self Taught Developer,“ 9 October 2020. [Na mreži]. Available: <https://www.hackdoor.io/articles/the-frustration-of-being-a-self-taught-developer-703be0d2d25f>. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [66] Homer, Odiseja, Beograd: Prosveta, 1950.
- [67] S. E. Bryant i 125 Terborg, „Impact of Peer Mentor Training on Creating and Sharing Organizational Knowledge,“ *Journal of Managerial Issues*, t. 20, br. 1, pp. 11-29, 2008.
- [68] M. Hamilton, Software Development: Building Reliable Systems, Prentice Hall Professional, 1999.
- [69] C. Casado-Lumbreras, R. Colomo-Palacios, P. Soto-Acosta i S. Misra, „Culture dimensions in software development industry: the effects of mentoring,“ *Scientific, Research and Essays*, t. 6, br. 11, pp. 2403-2412, 2011.
- [70] G. Orosz, „Developers mentoring other developers: practices I've seen work well,“ 15 August 2019. [Na mreži]. Available: <https://blog.pragmaticengineer.com/developers-mentoring-other-developers>. [Poslednji pristup 28 12 2020].
- [71] D. Monn, „How a Mentor Can Help You Become a Better Programmer,“ 28 June 2019. [Na mreži]. Available: <https://simpleprogrammer.com/programming-mentor>. [Poslednji pristup 28 12 2020].
- [72] S. Lazarević, „Timsko učenje u funkciji razvoja birokratizovane organizacije kao organizacije koja uči,“ *TEME*, t. XXXVIII, br. 2, pp. 837-853, jun 2014.
- [73] S. Jb. Lazarević, „Uloga radnih timova u razvoju organizacije koja uči,“ Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2012.
- [74] A. Nikčević-Milković, „Aktivno učenje na visokoškolskoj razini,“ *Život i škola*, t. 12, br. 2, pp. 47-54, 2004.
- [75] K. Smith, „Learning Together and Alone: Cooperation, Competition, and Individualization,“ *NACTA Journal*, t. 23, br. 3, pp. 23-26, 1979.
- [76] P. Resta i T. Laferrière, „Technology in Support of Collaborative Learning,“ *Educational Psychology Review*, t. 19, pp. 65-83, 2007.
- [77] M. Laal i S. Mohammad Ghodsi, „Benefits of collaborative learning,“ *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, t. 31, pp. 486-490, 2012.
- [78] S. Kadum-Bošnjak, „Suradničko učenje,“ *Metodički ogledi*, t. 19, br. 1, pp. 181-199, 2012.
- [79] K. Voskresenski i D. Glušac, Metodila nastave informatike, Zrenjanin: Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", 2007.
- [80] L. Bakić-Tomić i M. Dumančić, Odabrana poglavlja iz metodike nastave informatike, II ur., Zagreb: Učiteljski fakultet, 2012.
- [81] P. Seymour, The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer, New York: Basic Books, 1993.
- [82] Q. Yufeng, Teaching, Learning, and Leading With Computer Simulations - Advances in Educational Technologies and Instructional Design, Pennsylvania: IGI Global, 2019.
- [83] H. Tripathi, Educational Technology And ICT in Education, Lunawada: RED'SHINE Publication, 2019.
- [84] Službeni glasnik Republike Srbije, *Zakon o udžbenicima*, Beograd: Sl. glasnik RS, br. 27/2018, 2018.
- [85] V. Filipović, „Nastava, nastavna sredstva i metodi,“ 9 11 2018. [Na mreži]. Available: <https://pmfblmnr.github.io/MNR/predavanja/prezentacije/mnr01-3-Nastava,%20sredstva%20i%20metodi.pdf>. [Poslednji pristup 13 4 2020].
- [86] L. Bognar i M. Matijević, Didaktika, Zagreb: Školska knjiga, 2002.
- [87] Službeni glasnik Republike Srbije, *Pravilnik o standardima kvaliteta udžbenika i uputstva o njihovoj upotrebi*, Beograd: Sl. glasnik RS, br. 43/2016 i 45/2018., 2018.
- [88] Jb. Đurović i K. Božović, „Elektronski udžbenik u osnovnoj školi,“ u *Zbornik radova 4. internacionalne konferencije - Tehnika i informatika u obrazovanju*, Čačak, 2012.
- [89] V. Jelić i S. Filipović, „Uloga E-udžbenika u savremenom obrazovanju,“ Beograd, 2017.
- [90] V. Jelić, „Nastavna sredstva u savremenoj nastavi,“ Fakultet Tehničkih nauka, Čačak, 2014.
- [91] Z. Lalović, Naša škola - Metode učenja / Nastave u školi, Podgorica: Zavod za školstvo, 2009.

- [92] B. Ivanović, I. Radulović i D. Čaković, „Primena Veb 2.0 kao motivaciono i nastavno sredstvo u izgradnju funkcionalnog znanja“, *Univerzitetska misao - časopis za nauku, kulturu i umjetnost*, t. 15, pp. 102-112, 2016.
- [93] S. Lawry, V. Popovic, A. Blackler and H. Thompson, “Age, familiarity, and intuitive use: An empirical investigation,” *Applied Ergonomics*, vol. 74, pp. 74-84, 2019.
- [94] D. R. Kuzmanović, *Empirijska provera konstrukta digitalne pismenosti i analiza prediktora postignuća*, Beograd: Filozofski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2017.
- [95] R. Gollob, P. Krapf, Ó. Ólafsdóttir and W. Weidinger, *Educating for democracy*, Belgium: Council of Europe Publishing, 2010.
- [96] Ž. Namestovski, *Uticao primene savremenih nastavnih sredstava na povećanje efikasnosti nastave u osnovnoj školi*, Zrenjanin: Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Univerzitet u Novom Sadu, 2008.
- [97] B. Ivanović, „Izokrenuta učionica - pedagoški model koji menja koncept tradicionalne nastave“, *Ekonomski signali*, t. 13, br. 1, pp. 57-66, 2018.
- [98] L. C. Briand, „Software documentation: how much is enough?“, u *Seventh European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, Benevento, Italy, 2003.
- [99] G. Uddin i M. P. Robillard, „How API Documentation Fails“, *IEEE Software*, t. 32, br. 4, pp. 68-75, July-August 2015.
- [100] Mozilla, „Mozilla web docs“, [Na mreži]. Available: <https://developer.mozilla.org>. [Poslednji pristup 28 11 2020].
- [101] Google, „Android Docs“, [Na mreži]. Available: <https://developer.android.com>. [Poslednji pristup 28 11 2020].
- [102] Google, „Google Developers“, [Na mreži]. Available: <https://developers.google.com>. [Poslednji pristup 28 11 2020].
- [103] Mozilla, „MDN Web Developer Needs Assessment 2020“, 2020.
- [104] G. Wang, G. Konark, Mohanlal, H. Zheng i B. Y. Zhao, „Wisdom in the Social Crowd: an Analysis of Quora“, u *The 22nd International World Wide Web Conference (WWW 2013)*, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.
- [105] A. Anderson, D. Huttenlocher, J. Kleinberg i J. Leskovec, „Discovering Value from Community Activity on Focused Question Answering Sites: A Case Study of Stack Overflow“, u *KDD '12*, Beijing, China, 2012.
- [106] C. Langlais, „Wikipédia est-elle fiable?“, 25 01 2017. [Na mreži]. Available: <https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-hotel-wikipedia/20130308.RUE7305/wikipedia-est-elle-fiable.html>. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [107] P. Gourdain, F. O'Kelly, B. Roman-Amat, D. Soulas i T. von Droste zu Hülshoff, *La Révolution Wikipédia*, Paris: Mille et une nuits, 2007.
- [108] J. Giles, „Internet encyclopaedias go head to head“, *Nature*, t. 438, br. 7070, pp. 900-901, 01 12 2005.
- [109] Raj, S. L. Jarvenpaa and A. Majchrzak, “Knowledge Collaboration in Online Communities,” *Organization Science*, vol. 22, no. 5, pp. 1224-1239, 23 02 2011.
- [110] S. Rafaeli, Y. Ariel and A. Berk, “Online Motivational Factors: Incentives for Participation and Contribution in Wikipedia,” *Psychological Aspects of Cyberspace: Theory, Research, Applications*, pp. 243-267, 28 01 2008.
- [111] The Webby Awards, „The Webby Awards' Voice Winner: Stack Overflow“, The Webby Awards, 19 05 2020. [Na mreži]. Available: <https://winners.webbyawards.com/2020/websites/general-websites/community/128476/stack-overflow>. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [112] #expertflow, „Stack Overflow criticism“, [Na mreži]. Available: <https://expertflow.wordpress.com>. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [113] J. Slegers, „The decline of Stack Overflow“, 14 06 2015. [Na mreži]. Available: hackernoon.com/the-decline-of-stack-overflow-7cb69faa575d. [Poslednji pristup 27 11 2020].

- [114] J. Hanlon, „Stack Overflow Isn't Very Welcoming. It's Time for That to Change,“ 26 04 2018. [Na mreži]. Available: <https://stackoverflow.blog/2018/04/26/stack-overflow-isnt-very-welcoming-its-time-for-that-to-change/>. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [115] J. polsky, „Strange and maddening rules,“ 23 04 2018. [Na mreži]. Available: joelonsoftware.com/2018/04/23/strange-and-maddening-rules. [Poslednji pristup 27 11 2020].
- [116] J. friend, „Stack Overflow's inclusion problem,“ 19 04 2018. [Na mreži]. Available: medium.com/@jfriend/stack-overflows-inclusion-problem-c9b297eb2404. [P. pristup 27 11 2020].
- [117] H. Zhang, S. Wang, T.-H. P. Chen and A. E. Hassan, „Reading Answers on Stack Overflow: Not Enough!,“ *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2019.
- [118] J. dana, „Introducing Microsoft Q&A (Preview),“ 30 10 2019. [Na mreži]. Available: docs.microsoft.com/en-us/teamblog/introducing-microsoft-qanda. [Poslednji pristup 28 11 2020].
- [119] A. Bates, *Broadcasting in Education: an Evaluation: An Evaluation*, London: Constable and Company Ltd, 1984.
- [120] A. Bates, *Teaching in a Digital Age*, BCcampus, 2015.
- [121] M. R. Truog, *The Television Pause Function*, Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1989.
- [122] C. G. Sărăcin and M. Stănculescu, „Online Student Testing Solutions - A Case Study,“ in *12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, 2021*.
- [123] S. K. Nagothu, „Smart Student Assessment System for Online Classes Participation,“ in *Applied Information Processing Systems*, Singapore, 2021.
- [124] C. St-Onge, K. Ouellet, S. Lakhal, T. Dubé and M. Marc, „COVID-19 as the tipping point for integrating e-assessment in higher education practices,“ *British Journal of Educational Technology*, pp. 1-18, 2 10 2021.
- [125] N. Mamgain, A. Sharma i P. Goyal, „Learner's perspective on video-viewing features offered by MOOC providers: Coursera and edX,“ u *2014 IEEE International Conference on MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE)*, Patiala, 2014.
- [126] M. A. Gilbert, *edX E-Learning Course Development*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2015.
- [127] G. Ubachs i L. Konings, „MOOC Strategies in European Universities - Status report based on a mapping survey conducted in December 2017 - May 2018,“ EADTU, Maastricht, 2018.
- [128] C. Thompson, „How Khan Academy Is Changing the Rules,“ *Wired Magazine*, t. 126, pp. 1-5, August 2011.
- [129] A. Arnavut, H. Bicen i C. Nuri, „Students' approaches to Massive Open Online Courses: The case of Khan Academy,“ *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, t. 10, br. 1, pp. 82-90, February 2019.
- [130] A. Oujezdský, „Creation of Educational Video Tutorials and Their Use in Education,“ *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, t. 3, br. 1, pp. 28-39, 2014.
- [131] C. Albarracin, „Comment créer un tutoriel vidéo en 7 étapes ?,“ 2 July 2020. [Na mreži]. Available: <https://www.codeur.com/blog/creer-tutoriel-video>. [Poslednji pristup 20 12 2020].
- [132] E. Ukić, „Alati za izradu video lekcija“.
- [133] Službeni glasnik Republike Srbije, *Zakon o osnovama sistema obrazovanja i vaspitanja*, Beograd: "Sl. glasnik RS", br. 88/2017, 27/2018 - dr. zakon, 10/2019, 27/2018 - dr. zakon i 6/2020, 2020.
- [134] Službeni glasnik Republike Srbije, *Pravilnik o ocenjivanju učenika u osnovnom obrazovanju i vaspitanju*, Beograd: Sl. glasnik RS, br. 34/2019, 59/2020 i 81/2020, 2020.
- [135] Službeni glasnik Republike Srbije, *Pravilnik o ocenjivanju učenika u srednjem obrazovanju i vaspitanju*, Beograd: Sl. glasnik RS, br. 82/2015 i 59/2020, 2020.
- [136] J. Novak-Milić i M. Barbaroša-Šikić, „Različiti sustavi ocjenjivanja i usporedne ljestvice,“ *Lahor : časopis za hrvatski kao materinski, drugi i strani jezik*, t. 2, br. 6, pp. 198-209, 2008.

- [137] Uradni list Republike Slovenije, *Pravilnik o preverjanju in ocenjevanju znanja ter napredovanju učencev v osnovni šoli*, Ljubljana: Uradni list RS, št. 52/13, 2013.
- [138] Scholaro Pro, „Grading System in Germany,“ [Na mreži]. Available: <https://www.scholaro.com/pro/Countries/Germany/Grading-System>. [Poslednji pristup 28 12 2020].
- [139] Scholaro Pro, „Grading System in China,“ [Na mreži]. Available: <https://www.scholaro.com/pro/Countries/China/Grading-System>. [Poslednji pristup 28 12 2020].
- [140] Scholaro Pro, „Grading System in the United States,“ [Na mreži]. Available: <https://scholaro.com/pro/Countries/United-States/Grading-System>. [Poslednji pristup 28 12 2020].
- [141] S. Menhart, „Direct Versus Indirect Assessment Methodologies,“ u *Proceedings of the 2011 Midwest Section Conference of the American Society for Engineering Education*, Russellville, 2011.
- [142] A. A. Rabaa'i i A. R. Rababaah, „The Use of Cou Benchmarking Technique (CBT) to Assess Students' Outcomes for ABET Accreditation,“ u *International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering*, Las Vegas, 2016.
- [143] T. Glišić, J. Ilić i D. Jadrijević Mladar, „Ocenjivanje zasnovano na kompetencijama u stručnom obrazovanju,“ *Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja*, Beograd, 2013.
- [144] N. E. A. M. Almi, N. A. Rahman, D. Purusothaman i S. Sulaiman, „Software engineering education: The gap between industry's requirements and graduates' readiness,“ u *2011 IEEE Symposium on Computers & Informatics*, Kuala Lumpur, 2011.
- [145] A. D. Radermacher, G. S. Walia i D. K. Johnson, „Investigating the skill gap between graduating students and industry expectations,“ u *ICSE Companion 2014: Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, Hyderabad, India, 2014.
- [146] L. Spear-Swerling, „Nonstandard Assessment,“ *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders*, 2013.
- [147] V. Tomašević, *Razvoj aplikativnog softvera*, Beograd: Univerzitet Singidunum, 2017.
- [148] M. Živković, *Testiranje softvera*, Beograd: Univerzitet Singidunum, 2018.
- [149] I. Gomes, P. Morgado, T. Gomes i R. Moreira, „An overview on the Static Code Analysis approach in Software Development,“ *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2009.
- [150] S. Veri Yulianto i I. Liem, „Automatic grader for programming assignment using source code analyzer,“ u *International Conference on Data and Software Engineering (ICODSE)*, 2014.
- [151] K. Danutama i I. Liem, „Scalable Autograder and LMS Integration,“ u *The 4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI 2013)*, Selangor, 2013.
- [152] D. M. Rao, „Experiences With Auto-Grading in a Systems Course,“ u *2019 IEEE Frontiers in Education Conference*, 2019.
- [153] T. D. Winters, „Analysis, Design, Development, and Deployment of a Generalized Framework for Computer-Aided Assessment,“ University of California, Riverside, 2004.
- [154] E. Demeersseman, B. Wylin i J. Panen, „TOETS: development of a computer assisted assessment system,“ u *Proceedings for 5th CAA Conference 2001*, Loughborough, 2001.
- [155] J. Dalziel, „Enhancing web-based learning with computer assisted assessment: Pedagogical and technical considerations,“ u *Proceedings of International Computer Assisted Assessment Conference*, Loughborough, 2001.
- [156] M. Veinović i A. Jevremović, *Uvod u računarske mreže*, Beograd: Univerzitet Singidunum, 2008.
- [157] T. Fielding i J. F. Reschke, *RFC-7230 Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Message Syntax and Routing*, Internet Engineering Task Force, 2014.
- [158] R. T. Fielding i J. F. Reschke, *RFC-7231 - Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Semantics and Content*, Internet Engineering Task Force, 2014.
- [159] Mozilla and individual contributors, „What is a web server?,“ Mozilla, 04 2020. [Na mreži]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common_questions/What_is_a_web_server. [Poslednji pristup 11 06 2020].

- [160] W3Techs, "Usage statistics of web servers," Q-Success, 05 2020. [Online]. Available: https://w3techs.com/technologies/overview/web_server. [Accessed 11 06 2020].
- [161] Netcraft Ltd, "May 2020 Web Server Survey," 26 05 2020. [Na mreži]. Available: <https://news.netcraft.com/archives/2020/05/26/may-2020-web-server-survey.html>. [Poslednji pristup 11 06 2020].
- [162] GlobalStats, "Browser Market Share Worldwide," 06 2020. [Na mreži]. Available: <https://gs.statcounter.com/>. [Poslednji pristup 11 06 2020].
- [163] W3Schools, "The Most Popular Browsers," 2020. [Na mreži]. Available: <https://w3schools.com/browsers/>. [Poslednji pristup 11 06 2020].
- [164] G. Najera-Gutierrez i J. A. Ansari, Kali Linux - Testiranje neprobojnosti veba, Prvo ur., Beograd: Kompjuter Biblioteka, 2018.
- [165] WhatIsMyBrowser.com, "List of User Agents," 06 2020. [Na mreži]. Available: <https://developers.whatismybrowser.com/useragents/explore/>. [Poslednji pristup 11 06 2020].
- [166] WhatIsMyBrowser.com, "Explore User Agents by Software Name," 06 2020. [Na mreži]. Available: https://developers.whatismybrowser.com/useragents/explore/software_name/. [Poslednji pristup 11 06 2020].
- [167] Mozilla and individual contributors, "Rendering engine," Mozilla, 13 02 2020. [Na mreži]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/Rendering_engine. [Poslednji pristup 12 06 2020].
- [168] World Wide Web Consortium, "HTML 5.2," Web Platform Working Group, 14 12 2019. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/html52/single-page.html>. [Accessed 12 06 2020].
- [169] W.-M. Thor, "5 to 97 programming languages to learn server-side web development," 11 01 2018. [Na mreži]. Available: <https://twm.me/best-programming-languages-and-frameworks-for-server-side-web-development/>. [Poslednji pristup 12 06 2020].
- [170] Q-Success, "Usage statistics of server-side programming languages for websites," 02 2020. [Na mreži]. Available: https://w3techs.com/technologies/overview/programming_language. [Poslednji pristup 12 06 2020].
- [171] N. Kojić, Veb dizajn, treće ur., Beograd: Univerzitet Singidunum, 2020.
- [172] D. Pain i J. Le Heron, "WebCT and Online Assessment: The best thing since SOAP?," *Educational Technology & Society*, t. 6, br. 2, pp. 62-71, 1 April 2003.
- [173] A. Pardo, "A multi-agent platform for automatic assignment management," u *Proceedings of the 7th annual conference on Innovation and technology in computer science education*, New York, 2002.
- [174] L. Malmi, A. Korhonen i R. Saikkonen, "Experiences in automatic assessment on mass courses and issues for designing virtual courses," u *Proceedings of the 7th annual conference on Innovation and technology in computer science education*, New York, 2020.
- [175] C. Higgins, P. Symeonidis i A. T., "The marking system for coursemaster," u *Proceedings of the 7th annual conference on Innovation and technology in computer science education*, New York, 2002.
- [176] P. Butcher, "Online assessment at the Open University using open source software: Moodle, OpenMark and more," u *12th CAA International Computer Assisted Assessment Conference : Proceedings of the Conference on 8th and 9th July 2008 at Loughborough University*, Loughborough, 2008.
- [177] J. Myrick, Moodle 1.9 Testing and Assessment, Packt Publishing Ltd., 2010.
- [178] J. Coy, Instant Moodle Quiz Module How-to, Packt Publishing Ltd., 2013.
- [179] M. Agarwal, R. Kalia, V. B. and A. Thomas, "AutoEval: A NLP Approach for Automatic Test Evaluation System," in *4th International Conference on Computing, Power and Communication Technologies GUCON*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2021.
- [180] MoodleDocs Contributors, "Installing Moodle - MoodleDocs," 28 October 2019. [Na mreži]. Available: docs.moodle.org/310/en/Installing_Moodle#Requirements. [P. pristup 13 03 2020].
- [181] N. Linus Morten, "Freedom and forking in open source software: the MariaDB story," u *Proceedings of the 22nd Nordic Academy of Management Conference*, Reykjavik, Iceland, 2013.

- [182] S. Tongkaw i A. Tongkaw, „A comparison of database performance of MariaDB and MySQL with OLTP workload,“ u *2016 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*, Langkawi, 2016.
- [183] D. Bartholomew, „MariaDB vs. MySQL,“ SkySQL Ab, Finland, 2012.
- [184] MoodleDocs Contributors, „PostgreSQL - MoodleDocs,“ 18 August 2017. [Na mreži]. Available: <https://docs.moodle.org/310/en/PostgreSQL>. [Poslednji pristup 13 03 2020].
- [185] MoodleDocs Contributors, „MSSQL - MoodleDocs,“ 24 February 2013. [Na mreži]. Available: <https://docs.moodle.org/310/en/MSSQL>. [Poslednji pristup 13 03 2020].
- [186] MoodleDocs Contributors, „Oracle - MoodleDocs,“ 6 April 2017. [Na mreži]. Available: <https://docs.moodle.org/310/en/Oracle>. [Poslednji pristup 13 03 2020].
- [187] Lambda Solutions, „Moodle Market Share Statistics. Show It's the Market Leader,“ 24 January 2013. [Na mreži]. Available: <https://www.lambdasolutions.net/blog/moodle-market-share-statistics-show-its-the-market-leader>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [188] Edutechnica, „LMS Data – Spring 2020 Updates,“ 2 February 2020. [Na mreži]. Available: <https://edutechnica.com/2020/02/02/lms-data-spring-2020-updates/>. [P. pristup 27 12 2020].
- [189] I. Bouchrika, „List of Learning Management Systems for Schools and Universities,“ 3 August 2020. [Na mreži]. Available: <https://www.guide2research.com/research/list-of-learning-management-systems-for-schools-and-universities>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [190] TrustRadius, „Learning Management Systems (LMS),“ [Na mreži]. Available: <https://www.trustradius.com/learning-management-lms>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [191] C. Pappas, „The Best Learning Management Systems (2020 Update),“ 16 September 2020. [Na mreži]. Available: <https://elearningindustry.com/the-best-learning-management-systems-top-list>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [192] A. S. Michaelsen, „Can Microsoft Teams For Education Replace The Learning Management Systems?,“ 2019 June 2019. [Na mreži]. Available: <https://annmichaelsen.com/2019/06/13/can-microsoft-teams-for-education-replace-the-learning-management-systems/>. [P. pristup 27 12 2020].
- [193] R. S. Vadimovič, III. M. Mihaïlovič i L. M. Petrovna, „Instrumentarno-metodologičeskie osnovy obespečenija distancionnogo obrazovatel'nogo processa sredstvami cifrovih tehnologij (na primere "Microsoft Teams"),“ *Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki*, t. 5, br. 3, pp. 387-392, 13 3 2020.
- [194] K. R. Heggart i J. Yoo, „Getting the Most from Google Classroom: A Pedagogical Framework for Teachers and a Framework for Tertiary Educators,“ *Australian Journal of Teacher Education*, t. 43, br. 3, 2018.
- [195] I. N. M. Shaharane, J. M. Jamil i S. S. M. Rodzi, „The application of Google Classroom as a tool for teaching and learning,“ *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, t. 8, br. 10, pp. 5-8, 2016.
- [196] S. Iftakhar i D. Bangladesh, „Google Classroom: What Works and How?,“ *Journal of Education and Social Sciences*, t. 3, pp. 12-18, February 2016.
- [197] S. Z. Verbić, „Heuristike za maksimizaciju informacione vrednosti računarskih testova znanja,“ Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2013.
- [198] M. Fowler and C. Zilles, „Superficial Code-guise: Investigating the Impact of Surface Feature Changes on Students' Programming Question Scores,“ Virtual Event, USA, 2021.
- [199] M. Fuhrman, „Developing Good Multiple-Choice Tests and Test Questions,“ *Journal of Geoscience Education*, t. 44, br. 4, pp. 379-384, 1996.
- [200] MoodleDocs Contributors, „Building Quiz,“ 2008. [Na mreži]. Available: https://docs.moodle.org/310/en/Building_Quiz. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [201] Schoology, „Test/Quiz Question Types,“ [Na mreži]. Available: support.schoology.com/hc/en-us/articles/205271688-Test-Quiz-Question-Types. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [202] A. Jevremović, „Sistem za elektronsko testiranje studenata,“ 2009. [Na mreži]. Available: <https://test.singidunum.ac.rs/File/Uputstvo/index.html>. [Poslednji pristup 27 12 2020].

- [203] ISO/IEC, *ISO/IEC 29500-1:2016 - Information technology -- Document description and processing languages -- Office Open XML File Formats -- Part 1: Fundamentals and Markup Language Reference*, 4 ur., 2016.
- [204] R. Pomeroy, „Multiple-Choice Tests Hinder Critical Thinking. Should They Be Used in Science Classes?“, 5 February 2014. [Na mreži]. Available: https://www.realclearscience.com/blog/2014/02/multiple_choice_in_science_classes.html. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [205] R. E. Tractenberg, M. M. Gushta, S. E. Mulroney i P. A. Weissinger, „Multiple choice questions can be designed or revised to challenge learners' critical thinking“, *Advances in Health Sciences Education*, t. 12, pp. 945-961, 4 January 2013.
- [206] J. M. Montepare, „A Self-Correcting Approach to Multiple Choice“, 1 October 2005. [Na mreži]. Available: <https://www.psychologicalscience.org/observer/a-self-correcting-approach-to-multiple-choice-tests>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [207] K. Scalise i B. Gifford, „Computer-Based Assessment in E-Learning: A Framework for Constructing \"Intermediate Constraint\" Questions and Tasks for Technology Platforms“, *The Journal of Technology, Learning and Assessment*, t. 4, br. 6, 3 January 2006.
- [208] L. Karimi, „The effect of constructed-responses and multiple-choice tests on students' course content mastery“, *Southern African Linguistics and Applied Language Studies*, t. 32, br. 3, pp. 365-372, 2014.
- [209] B. Boitshwarelo, A. K. Reedy i T. Billany, „Envisioning the use of online tests in assessing twenty-first century learning: a literature review“, *Boitshwarelo et al. Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, t. 12, br. 16, 2017.
- [210] L. Y. Zhang, A. K. Petersen, M. Liut, B. Simion and F. Alaca, „A Multi-Course Report on the Experience of Unplanned Online Exams“, in *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Virtual Event, USA, 2021.
- [211] J. Hollingsworth, „Automatic graders for programming classes“, *Communications of the ACM*, 10 1960.
- [212] M. Abuzar i S. R. K., „E-learning Tools in Higher Education“, *Renewable Research Journal*, t. 3, br. 4, pp. 133-146, 2017.
- [213] B. Das, M. Majumder, „Automatic question generation and answer assessment: a survey“, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, v. 16, no. 1, p. 5, 2021.
- [214] R. B. Fletcher i J. Hattie, *Intelligence and Intelligence Testing*, Taylor & Francis, 2011.
- [215] A. S. Kaufman, *IQ testing 101*, New York, NY: Springer Pub. Co., 2009.
- [216] D. P. Flanagan, P. L. Harrison i M. W. Steege, Urednici, *Contemporary Intellectual Assessment*, Third Edition: *Theories, Tests, and Issues*, 3rd ur., New York: Guilford Publications, 2012.
- [217] QuestionPro, „Multiple Choice Questions“, [Na mreži]. Available: <https://questionpro.com/article/multiple-choice-questions.html>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [218] J. Rutkowski, „Moodle-Based Computer-Assisted Assessment in Flipped Classroom“, *Smart Education and Smart e-Learning*, t. 41, pp. 37-46, 28 May 2015.
- [219] A. I. Wang i R. Tahir, „The effect of using Kahoot! for learning - A literature review“, *Computers & Education*, t. 149, 2020.
- [220] Kahoot, „Formative assessment“, [Na mreži]. Available: <https://kahoot.com/schools/assessment/>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [221] „Chaio i R. Nokham, „The effect of Kahoot, Quizizz and Google Forms on the student's perception in the classrooms response system“, u *2017 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)*, Chiang Mai, 2017.
- [222] Quizizz, „Using Quizizz for Distance Learning“, [Na mreži]. Available: <https://quizizz.com/teachers>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [223] A. J. P. Delima, J. C. T. Arroyo, M. C. Elape i M. Y. Orong, „The Use of Schoology as Learning Management System in the College of Computing Education: A Response Assessment using Data

- Mining Techniques," *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, t. 9, br. 3, pp. 3619-3623, May-June 2020.
- [224] D. Schlager, „Schoology: The Adoption of a Learning Management System," St. Catherine University, 2016.
- [225] A. Rosa, „Students' perception of Online Assessment use in Schoology in EFL Classrooms," UIN Sunan Ampel Surabaya, 2018.
- [226] F. Etfiti, „Students' Perspective on the Use of Edmodo as an Assessment Tool," *Journal of English for Academic*, t. 6, br. 1, pp. 18-25, 2019.
- [227] T. D. Ballew, „Teacher Perceptions of a Technology-Based Google Classroom," Carson-Newman University, 2017.
- [228] A. Henukh, H. Rosdianto i S. Oikawa, „Implementation of Google Classroom as Multimedia Learning," *JIPF - Journal of Physics Education*, t. 5, br. 1, pp. 38-44, January 2020.
- [229] S. Subandi, C. Choirudin, M. Mahmudi, N. Nizaruddin i H. Hermanita, „Building Interactive Communication with Google Classroom," *International Journal of Engineering & Technology*, t. 7, br. 2, pp. 460-463, 2018.
- [230] P. John, *Canvas LMS Course Design*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2014.
- [231] M. Djenno, G. M. Insua i A. Pho, „From paper to pixels: using Google Forms for collaboration and assessment," *Library Hi Tech News*, t. 32, br. 4, pp. 9-13, 1 June 2015.
- [232] S. Castro, „Google Forms Q196s and Substitution, Augmentation, Modification, and Redefinition (SAMR) Model Integration," *Issues and Trends in Educational Technology*, t. 6, br. 2, 1 November 2018.
- [233] Office 365 team, „Microsoft Forms - a new formative assessment and survey tool in Office 365 Education," Microsoft, 20 June 2016. [Na mreži]. Available: <https://microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2016/06/20/microsoft-forms-a-new-formative-assessment-and-survey-tool-in-office-365-education/>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [234] G. E. Forsythe and N. Wirth, "Automatic grading programs," Stanford University, Stanford, 1965.
- [235] D. Naur, „Automatic grading of students' ALGOL programming," *BIT Numerical Mathematics* 4, 1964.
- [236] J. B. Hext and J. W. Winings, "An automatic grading scheme for simple programming exercises," *Communications of the ACM*, vol. 12, no. 5, pp. 272-275, May 1969.
- [237] K. Ala-Mutka, T. Uimonen i H.-M. Järvinen, „Supporting Students in C++ Programming Courses with Automatic Program Style Assessment," *Journal of Information Technology Education*, t. 3, pp. 245-262, 2004.
- [238] U. von Matt, „Kassandra: the automatic grading system," *ACM Special Interest Group on Computer Uses in Education Outlook*, t. 22, pp. 26-40, 2001.
- [239] M. J. Rees, „Automatic assessment aids for Pascal programs," *ACM SIGPLAN Notices*, t. 17, br. 10, pp. 33-42, October 1982.
- [240] R. E. Berry i B. A. E. Meekings, „A style analysis of C programs," *Communications of the ACM*, t. 28, br. 1, p. 80-88, January 1985.
- [241] S. D. Benford, E. K. Burke, E. Foxley i C. A. Higgins, „The Ceilidh system for the automatic grading of students on programming courses," u *ACM-SE 33: Proceedings of the 33rd annual on Southeast regional conference*, New York, 1995.
- [242] D. Jackson i M. Usher, „Grading student programs using ASSYST," *ACM SIGCSE Bulletin*, t. 29, br. 1, p. 335-339, March 1997.
- [243] 124rey, „Dropbox: A Superb Classroom Tool," 10 August 2012. [Na mreži]. Available: plpnetwork.com/2012/08/10/dropbox-a-superb-classroom-tool/. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [244] Google, "Turn in an assignment," Before August 2015. [Online]. Available: <https://support.google.com/edu/classroom/answer/6020285>. [Accessed 27 12 2020].

- [245] Microsoft Teams for Education, „Turn in an assignment in Microsoft Teams,“ [Na mreži]. Available: <https://support.microsoft.com/en-us/office/e25f383a-b747-4a0b-b6d5-a2845a52092b>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [246] MoodleDocs Contributors, „Assignment activity,“ May 2005. [Na mreži]. Available: https://docs.moodle.org/310/en/Assignment_activity. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [247] M. Tair, „Portal za otpremanje rešenja radnih zadataka studenata,“ Univerzitet Singidunum, 2015. [Na mreži]. Available: <https://zadatak.singidunum.ac.rs>.
- [248] P. Dang and H. Arolkar, „Automatic Evaluation of Analog Circuit Designs,“ in *Data Science and Intelligent Applications*, Singapore, 2021.
- [249] P. Öncel, L. E. Flynn, A. N. Sonia, K. E. Barker, G. C. Lindsay, C. M. McClure, D. S. McNamara and L. K. Allen, „Automatic Student Writing Evaluation: Investigating the Impact of Individual Differences on Source-Based Writing,“ in *LAK21: 11th International Learning Analytics and Knowledge Conference*, Irvine, CA, USA, 2021.
- [250] A. P. Cavalcanti, A. Barbosa, R. Carvalho, F. Freitas, Y.-S. Tsai, D. Gašević and R. F. Mello, „Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review,“ *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 2, p. 100027, 2021.
- [251] O. Kocak, „A systematic literature review of web-based student response systems: Advantages and challenges,“ *Education and Information Technologies*, 2021.
- [252] T. Baranova, L. Khalyapina i C. Yakhyayeva, „Digital Products as a Source of Students' Autonomy in Content and Language Integrated Learning,“ u *12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)*, Kazan, Russia, 2019.
- [253] J. Parker, „Collect Digital Work with Google Forms: Digital Classroom Idea!,“ July 2018. [Na mreži]. Available: <https://teacheveryday.com/collect-digital-work>. [P. pristup 27 12 2020].
- [254] Sandy, „Collecting Files and Students Assignments with Microsoft Forms,“ 4 April 2020. [Na mreži]. Available: <https://scalar.usc.edu/works/edifications/collecting-files-and-students-assignments-with-microsoft-forms>. [Poslednji pristup 27 12 2020].
- [255] G. Port, Director, *Microsoft Forms - upload a file*. [Film]. 2019.
- [256] D.-P. Pop, „Designing an Object Relation Mapping System in PHP,“ *Journal of Information Systems Operations Management*, t. 5, br. 1, pp. 207-212, 2011.
- [257] D. Colley, C. Stanier i M. Asaduzzaman, „The Impact of Object-Relational Mapping Frameworks on Relational Query Performance,“ u *2018 International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering (iCCECE)*, 2018.
- [258] C. Russell, „Bridging the Object-Relational Divide: ORM Technologies Can Simplify Data Access, but Be Aware of the Challenges That Come with Introducing This New Layer of Abstraction,“ *Queue*, t. 6, br. 3, pp. 16-26, 2008.
- [259] L. Masinter, *RFC2397 : The "data" URL scheme*, Network Working Group, 1998.
- [260] B. Fox i C. Ramey, „bash(1) - Linux man page,“ 1989-2009. [Na mreži]. Available: <https://linux.die.net/man/1/bash>. [Poslednji pristup 11 10 2020].
- [261] K. L. Rowland, "Unix File Permissions," 11 10 2018. [Online]. Available: <https://docs.nersc.gov/filesystems/unix-file-permissions/>. [Accessed 12 12 2020].
- [262] V. Holen, "ShellCheck - A shell script static analysis tool," 03 11 2012. [Online]. Available: <https://github.com/koalaman/shellcheck>. [Accessed 20 02 2018].

Tabele

Tabela 1 - Ishodi ocenjivanja radnih zadataka generacije 2017.

Dodeljeni broj studenata	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1014	Zadatak	24		1		24
1015	Zadatak	13		1		13
1025	Zadatak		25	1		25
1029	Zadatak	18		1		18
1037	Zadatak	28		1		28
1050	Zadatak	20	29	2	9	29
1055	Zadatak	22		1		22
1057	Zadatak	16		1		16
1061	Zadatak	24		1		24
1065	Zadatak	13	17	2	4	17
1078	Zadatak	22		1		22
1080	Zadatak	25		1		25
1083	Zadatak	18		1		18
1089	Zadatak	13	21	2	8	21
1092	Zadatak	10		1		10
1095	Zadatak	14		1		14
1098	Zadatak	13		1		13
1099	Zadatak	15		1		15
1106	Zadatak	24		1		24
1115	Zadatak	17	25	2	8	25
1117	Zadatak	13	13	2	0	13
1121	Zadatak	15		1		15
1122	Zadatak		22	1		22
1130	Zadatak	21		1		21
1141	Zadatak	25		1		25
1154	Zadatak	23		1		23
1157	Zadatak	21		1		21
1166	Zadatak	19		1		19
1171	Zadatak	18	27	2	9	27
1173	Zadatak	19	27	2	8	27
1198	Zadatak	30		1		30
1199	Zadatak	12	22	2	10	22
1200	Zadatak		14	1		14
1207	Zadatak	20		1		20
1218	Zadatak	26		1		26
1219	Zadatak	6		1		6
1222	Zadatak	17		1		17
1245	Zadatak		8	1		8
1247	Zadatak	18	17	2	-1	17
1251	Zadatak	13		1		13
1252	Zadatak		25	1		25
1258	Zadatak	6		1		6
1262	Zadatak		24	1		24
1263	Zadatak		30	1		30
1265	Zadatak	11	19	2	8	19
1271	Zadatak	24	29	2	5	29
1280	Zadatak	24		1		24
1284	Zadatak	16		1		16
1296	Zadatak	11	8	2	-3	8
1300	Zadatak	19	28	2	9	28
1302	Zadatak	10	17	2	7	17
1305	Zadatak	14		1		14
1315	Zadatak	19	20	2	1	20
1321	Zadatak	20	21	2	1	21

Dodeljeni broj studenata	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1331	Zadatak	7		1		7
1339	Zadatak	12		1		12
1343	Zadatak	12		1		12
1344	Zadatak		8	1		8
1352	Zadatak	11	20	2	9	20
1370	Zadatak		3	1		3
1374	Zadatak	21		1		21
1376	Zadatak	17		1		17
1377	Zadatak	6	30	2	24	30
1379	Zadatak	10		1		10
1391	Zadatak	12		1		12
1393	Zadatak	30		1		30
1394	Zadatak	9	9	2	0	9
1401	Zadatak	13	12	2	-1	12
1403	Zadatak	18	23	2	5	23
1412	Zadatak	11	11	2	0	11
1413	Zadatak	20		1		20
1416	Zadatak	7	20	2	13	20
1423	Zadatak	30		1		30
1429	Zadatak	14	22	2	8	22
1435	Zadatak	10	19	2	9	19
1436	Zadatak		23	1		23
1445	Zadatak	13		1		13
1448	Zadatak	15		1		15
1451	Zadatak	23		1		23
1454	Zadatak	14	11	2	-3	11
1462	Zadatak	17		1		17
1465	Zadatak	27		1		27
1468	Zadatak	13	23	2	10	23
1470	Zadatak	10		1		10
1471	Zadatak	18		1		18
1485	Zadatak	10		1		10
1492	Zadatak	26		1		26
1493	Zadatak	25		1		25
1501	Zadatak	16		1		16
1503	Zadatak	28		1		28
1508	Zadatak	22		1		22
1509	Zadatak	21	25	2	4	25
1513	Zadatak		16	1		16
1515	Zadatak	6		1		6
1517	Zadatak	12	19	2	7	19
1519	Zadatak	18		1		18
1520	Zadatak	23		1		23
1521	Zadatak	21		1		21
1522	Zadatak	15		1		15
1529	Zadatak	12	30	2	18	30
1531	Zadatak	24		1		24
1532	Zadatak	23		1		23
1534	Zadatak	13	26	2	13	26

Tabela 2 - Ishodi ocenjivanja radnih zadataka generacije 2018.

Dodeljeni broj studenata	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1005	Zadatak	30		1		30
1009	Zadatak	14	23	2	9	23
1022	Zadatak	12	29	2	17	29
1024	Zadatak	10	19	2	9	19
1026	Zadatak	19		1		19
1036	Zadatak		25	1		25
1040	Zadatak	9	19	2	10	19
1043	Zadatak		25	1		25
1045	Zadatak	20		1		20
1047	Zadatak	10	4	2	-6	4
1062	Zadatak		29	1		29
1073	Zadatak	16		1		16
1074	Zadatak		8	1		8
1081	Zadatak	13	24	2	11	24
1086	Zadatak	15		1		15
1094	Zadatak		12	1		12
1097	Zadatak	13	27	2	14	27
1102	Zadatak	19		1		19
1123	Zadatak	29		1		29
1127	Zadatak		30	1		30
1132	Zadatak	30		1		30
1134	Zadatak		9	1		9
1138	Zadatak		14	1		14
1139	Zadatak	12	15	2	3	15
1144	Zadatak		10	1		10
1149	Zadatak		9	1		9
1150	Zadatak		5	1		5
1153	Zadatak	16		1		16
1159	Zadatak		9	1		9
1162	Zadatak		20	1		20
1165	Zadatak	30		1		30
1180	Zadatak	9	28	2	19	28
1182	Zadatak	5	22	2	17	22
1183	Zadatak	7	17	2	10	17
1188	Zadatak	17		1		17
1189	Zadatak		18	1		18
1190	Zadatak	28		1		28
1193	Zadatak		15	1		15
1194	Zadatak	21		1		21
1201	Zadatak	7	25	2	18	25
1215	Zadatak		5	1		5
1226	Zadatak	10	27	2	17	27
1229	Zadatak	3	14	2	11	14
1232	Zadatak	15		1		15
1234	Zadatak	17		1		17
1238	Zadatak	19		1		19
1239	Zadatak		5	1		5
1240	Zadatak	3	15	2	12	15
1249	Zadatak	11	17	2	6	17
1253	Zadatak	13	20	2	7	20
1255	Zadatak	18		1		18
1257	Zadatak		17	1		17
1266	Zadatak	3		1		3
1267	Zadatak	16		1		16
1269	Zadatak	13	7	2	-6	7

Dodeljeni broj studenata	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1278	Zadatak	16	30	2	14	30
1282	Zadatak	13	4	2	-9	4
1283	Zadatak	9	22	2	13	22
1285	Zadatak	13		1		13
1287	Zadatak	26		1		26
1288	Zadatak	10	28	2	18	28
1292	Zadatak	6		1		6
1297	Zadatak	9		1		9
1298	Zadatak	14	11	2	-3	11
1301	Zadatak	15		1		15
1313	Zadatak		8	1		8
1316	Zadatak	26		1		26
1328	Zadatak	18		1		18
1336	Zadatak	21		1		21
1338	Zadatak	29		1		29
1346	Zadatak		19	1		19
1353	Zadatak	19		1		19
1355	Zadatak	6		1		6
1363	Zadatak	6		1		6
1364	Zadatak	26		1		26
1366	Zadatak	30		1		30
1373	Zadatak	20		1		20
1378	Zadatak	30		1		30
1386	Zadatak	26		1		26
1398	Zadatak	13	18	2	5	18
1404	Zadatak		17	1		17
1418	Zadatak	15		1		15
1419	Zadatak	25		1		25
1420	Zadatak	30		1		30
1421	Zadatak	11	12	2	1	12
1424	Zadatak	7	29	2	22	29
1430	Zadatak	9	19	2	10	19
1433	Zadatak		14	1		14
1442	Zadatak	8	18	2	10	18
1446	Zadatak	25		1		25
1449	Zadatak	30		1		30
1453	Zadatak		28	1		28
1456	Zadatak	3	17	2	14	17
1458	Zadatak	18		1		18
1460	Zadatak	9	17	2	8	17
1481	Zadatak	26		1		26
1482	Zadatak	16		1		16
1488	Zadatak		13	1		13
1489	Zadatak		9	1		9
1490	Zadatak	19	30	2	11	30
1497	Zadatak	8		1		8
1502	Zadatak	3	12	2	9	12
1527	Zadatak		27	1		27
1535	Zadatak	8	24	2	16	24

Tabela 3 - Ishodi ocenjivanja radnih zadataka generacije 2019.

Dodeljeni broj studenta	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1001	Test	12		1		12
1002	Test	19		1		19
1006	Test	8		1		8
1011	Test	19		1		19
1012	Test	11		1		11
1018	Test	25		1		25
1020	Test	15		1		15
1032	Test	21		1		21
1034	Test	28		1		28
1044	Test	20		1		20
1048	Test	16		1		16
1052	Test	15		1		15
1054	Test	20	25	2	5	25
1058	Test	12	13	2	1	13
1059	Test	11		1		11
1063	Test	19		1		19
1067	Test	16	30	2	14	30
1071	Test	28		1		28
1076	Test	16		1		16
1077	Test	16		1		16
1082	Test	12		1		12
1084	Test	4		1		4
1091	Test	20	28	2	8	28
1100	Test	22		1		22
1103	Test	28		1		28
1107	Test	23		1		23
1111	Test	7	3	2	-4	3
1116	Test	25		1		25
1120	Test	24		1		24
1137	Test	24		1		24
1140	Test	16		1		16
1142	Test	18	20	2	2	20
1143	Test	20		1		20
1151	Test	12		1		12
1156	Test	16		1		16
1170	Test	20		1		20
1172	Test	4		1		4
1175	Test	23		1		23
1178	Test	22		1		22
1184	Test	11		1		11
1186	Test	19		1		19
1187	Test	7	16	2	9	16
1191	Test	11		1		11
1192	Test	23		1		23
1202	Test	23		1		23
1203	Test	24		1		24
1204	Test	17		1		17
1206	Test		21	1		21
1214	Test	24		1		24
1217	Test	21		1		21
1225	Test	14		1		14
1227	Test	12	12	2	0	12
1231	Test	24		1		24
1235	Test	18		1		18
1243	Test	25		1		25
1261	Test	19		1		19
1277	Test	20		1		20
1279	Test	26		1		26
1281	Test	16	17	2	1	17

Dodeljeni broj stipendnata	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1290	Test	19	20	2	1	20
1293	Test	24		1		24
1314	Test	19		1		19
1330	Test	8		1		8
1332	Test	20		1		20
1334	Test	27		1		27
1335	Test	23		1		23
1345	Test	4		1		4
1349	Test	30		1		30
1354	Test	30		1		30
1356	Test	22		1		22
1357	Test	30		1		30
1358	Test	16		1		16
1359	Test	21		1		21
1360	Test	24		1		24
1362	Test	16		1		16
1368	Test	12		1		12
1369	Test	4		1		4
1372	Test	19		1		19
1380	Test		9	1		9
1383	Test	12	20	2	8	20
1387	Test	15		1		15
1395	Test	18		1		18
1396	Test	15		1		15
1399	Test	12		1		12
1406	Test	8	12	2	4	12
1408	Test	20		1		20
1427	Test	23		1		23
1428	Test	15		1		15
1431	Test	3	5	2	2	5
1438	Test	23		1		23
1461	Test	15	30	2	15	30
1466	Test	30		1		30
1467	Test	16		1		16
1476	Test	23		1		23
1477	Test	8	21	2	13	21
1479	Test	24		1		24
1487	Test	26		1		26
1500	Test	19		1		19
1504	Test	26		1		26
1511	Test	19		1		19
1524	Test	8	17	2	9	17
1533	Test	4		1		4

Tabela 4 - Ishodi ocenjivanja radnih zadataka generacije 2020.

Dodeljeni broj studenta	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1004	Test	22		1		22
1007	Test	10		1		10
1010	Test	0		1		0
1016	Test	11		1		11
1021	Test	16	21	2	5	21
1027	Test	20		1		20
1028	Test	29		1		29
1031	Test	28		1		28
1035	Test	23		1		23
1039	Test	18		1		18
1041	Test		6	1		6
1042	Test	18	20	2	2	20
1046	Test	14		1		14
1049	Test	30		1		30
1051	Test	12		1		12
1056	Test	20		1		20
1066	Test	6		1		6
1069	Test	19		1		19
1070	Test	14	26	2	12	26
1075	Test	14	2	2	-12	2
1079	Test	24	25	2	1	25
1085	Test	17		1		17
1090	Test		22	1		22
1093	Test	27		1		27
1096	Test	18		1		18
1101	Test	22		1		22
1105	Test	23		1		23
1110	Test	21		1		21
1112	Test	24		1		24
1114	Test	22		1		22
1118	Test	23		1		23
1119	Test	14		1		14
1125	Test	23		1		23
1126	Test		20	1		20
1128	Test	29		1		29
1129	Test	19		1		19
1131	Test		20	1		20
1133	Test	10		1		10
1135	Test	27		1		27
1146	Test	21		1		21
1147	Test	26		1		26
1152	Test	23		1		23
1158	Test	27		1		27
1163	Test	16	13	2	-3	13
1164	Test	18		1		18
1167	Test	21		1		21
1168	Test	18		1		18
1169	Test	28		1		28
1174	Test	8		1		8
1177	Test	20		1		20
1179	Test	16		1		16
1181	Test	10		1		10
1185	Test	16		1		16
1195	Test	24		1		24
1197	Test	20		1		20
1205	Test	22		1		22
1208	Test	15		1		15
1209	Test	29		1		29
1212	Test	21		1		21
1213	Test		13	1		13
1216	Test	24		1		24

Dodeljeni broj studenta	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1221	Test	9	10	2	1	10
1224	Test	27		1		27
1228	Test	18		1		18
1244	Test	18		1		18
1246	Test		15	1		15
1259	Test	13	16	2	3	16
1260	Test	21		1		21
1264	Test	19		1		19
1270	Test	11		1		11
1272	Test	9		1		9
1273	Test	29		1		29
1274	Test	30		1		30
1294	Test	27		1		27
1299	Test	20		1		20
1303	Test	21		1		21
1304	Test	22		1		22
1307	Test	29		1		29
1310	Test	18		1		18
1311	Test	19		1		19
1319	Test	8		1		8
1322	Test	24		1		24
1325	Test		8	1		8
1326	Test	27		1		27
1333	Test	29		1		29
1341	Test	22		1		22
1348	Test		6	1		6
1351	Test	16		1		16
1371	Test	22		1		22
1375	Test	12	2	2	-10	2
1385	Test	6		1		6
1388	Test	27		1		27
1389	Test	22		1		22
1390	Test	17		1		17
1392	Test	20		1		20
1397	Test	15		1		15
1402	Test	8		1		8
1405	Test	12		1		12
1409	Test	18		1		18
1410	Test	23		1		23
1414	Test	24		1		24
1415	Test	23		1		23
1425	Test	12		1		12
1432	Test	19		1		19
1440	Test	24		1		24
1441	Test	20		1		20
1443	Test	24		1		24
1447	Test	17		1		17
1450	Test	23		1		23
1452	Test	29		1		29
1455	Test		18	1		18
1457	Test	14		1		14
1459	Test	10		1		10
1469	Test	17		1		17
1472	Test	9		1		9
1473	Test	24		1		24
1474	Test	19		1		19
1475	Test	23		1		23
1483	Test	20		1		20
1484	Test	16		1		16
1491	Test	29		1		29
1494	Test	12		1		12
1496	Test	24		1		24
1499	Test	16		1		16

Dodeljeni broj studenata	Način polaganja	Uspeh po terminima		Broj polaganja	Promena posle 2. polaganja	Uspeh na kraju
		1. termin	2. termin			
1505	Test	21		1		21
1506	Test	28		1		28
1507	Test	21		1		21
1510	Test	7		1		7
1514	Test	18		1		18
1518	Test	10		1		10
1523	Test	8	8	2	0	8
1526	Test	23		1		23
1530	Test	18		1		18

Popis slika

Slika 1 - Uopšteni prikaz uređenja aplikacije MTutor	51
Slika 2 - Uopšteni prikaz funkcija dostupnih administratoru	52
Slika 3 - Uopšteni prikaz funkcija dostupnih nastavniku	53
Slika 4 - Uopšteni prikaz funkcija dostupnih studentu	54
Slika 5 - Prikaz tabela aplikacije MTutor i njihovih veza	55
Slika 6 - Veza MTutor-a i FIS-a za prenos podataka o ispitima i prijavama	57
Slika 7 - Prikaz forme za dodavanje novog pitanja	58
Slika 8 - Prikaz forme u kojoj i tekst pitanja i odgovora čini <i>HTML</i> kod	59
Slika 9 - Prikaz pitanja čiji su i postavka i ponudeni odgovori <i>HTML</i>	60
Slika 10 - Broj studenata prema načinu polaganja	95
Slika 11 - Broj polaganja prema načinu	96
Slika 12 - Broj studenata prema ukupnom broju polaganja	96
Slika 13 - Broj studenata prema ukupnom broju i načinu polaganja	97
Slika 14 - Broj polaganja u 1. i 2. terminu 2017, 2018, 2019. i 2020.	97
Slika 15 - Broj studenata koji su položili nakon rada, po terminima	98
Slika 16 - Udeo studenata koji su položili nakon rada, po terminima	98
Slika 17 - Prosečan broj bodova u pojedinačnim terminima polaganja	99
Slika 18 - Prosek broj bodova prema broju polaganja	99
Slika 19 - Prosečna promena broja bodova nakon 2. termina	100
Slika 20 - Udeo studenata koji su nakon 2. termina stekli više, isto ili manje bodova u odnosu na 1. termin	100
Slika 21 - Udeo studenata koji su na kraju godine položili ili pali	101
Slika 22 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2017. godine	101
Slika 23 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2018. godine	102
Slika 24 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2019. godine	102
Slika 25 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju 2020. godine	103
Slika 26 - Razdeoba učestalosti broja bodova na kraju svih godina	103

Prilozi

Prilog 1 - Primer sastavljene postavke radnog zadatka

Postavka zadatka

Pokrenite u virtualnu mašinu Kolokvijum i prijavite se na nalog kolokvijum. Pokrenite naredbu:

```
pocetak
```

Sačekajte da dobijete poruku da je sve spremno i počnite sa radom.
Promeniti radnu putanju na /home/kolokvijum/ZADATAK/.

Stavka 1 – Izrada stabla datoteka i direktorijuma.

Na trenutnoj radnoj putanju izgraditi stablo datoteka i direktorijuma čiji prikaz je dat u nastavku.
Voditi računa o velikim i malim slovima i nazivima stavki, kao i o privilegijama nad njima.

```
.
├── [dr-x-----] Dnevnik
├── [drwxrwxr-x] Korisnici
│   ├── [-rw-r-----] Korisnik_1200.txt
│   ├── [-rw-r-----] Korisnik_1210.txt
│   ├── [-rw-r-----] Korisnik_1220.txt
│   ├── [-rw-r-----] Korisnik_1230.txt
│   ├── [-rw-r-----] Korisnik_1240.txt
│   └── [-rw-r-----] Korisnik_1250.txt
├── [drwxr-x---] zaposleni
│   ├── [lrwxrwxrwx] dizajner -> ../Korisnici/Korisnik_1220.txt
│   ├── [lrwxrwxrwx] menadzer -> ../Korisnici/Korisnik_1230.txt
│   ├── [lrwxrwxrwx] programer_1 -> ../Korisnici/Korisnik_1210.txt
│   ├── [lrwxrwxrwx] programer_2 -> ../Korisnici/Korisnik_1250.txt
│   └── [lrwxrwxrwx] programer_3 -> ../Korisnici/Korisnik_1200.txt
```

Stavka 2 – Unos sadržaja u datoteke.

Popuniti sadržaje datoteka u direktorijumu Korisnici, prema uputstvu.
Sadržaj datoteka Korisnik_12???.txt je dat po obrascu u prikazu u produžetku:

```
Podaci o korisniku 12???:
Ime: Korisnik
Prezime: 12??
E-mail: korisnik.12??@firma.local
Phone: 00 381 11 900 12??
Unique: ****
```

Umesto ?? upisati poslednje dve cifre iz imena datoteke.

Umesto **** upisati nasumičan četvorocifren broj, koji se ne sme ponoviti u drugim datotekama.

Stavka 3 – Promeniti privilegije nad direktorijumima i datotekama.

1. Omogućite vlasniku direktorijuma Dnevnik da može kreirati nove direktorijume i datoteke unutar tog direktorijuma.
2. Onemogućite korisnicima koji pripadaju grupi kojoj je dodeljen direktorijum Korisnici, da menjaju sadržaj tog direktorijuma, a svim ostalim korisnicima na sistemu zabranite da listaju sadržaj i da promene svoj radnu putanju u direktorijum Korisnici.
3. Omogućite korisnicima koji pripadaju grupi kojoj pripada direktorijum da mogu da menjaju sadržaj direktorijuma zaposleni.

Stavka 4 – Napravite datoteke u direktorijumu Dnevnik prema uputstvu u nastavku.

U direktorijum Dnevnik treba da dodate tri datoteke, čija imena su prikazi datuma u formatu YYYYMMDD.txt, gde je YYYY četvorocifreni zapis godine, MM dvocifreni zapis meseca i DD je dvocifreni zapis dana u mesecu. Datumi treba da budu današnji (kada radite ovaj zadatak), jučerašnji datum i prekučerašnji, npr. 20201129.txt, 20201128.txt i 20201127.txt, ako je danas 29. 11. 2020.

Sadržaj datoteka može da čita i menja vlasnik datoteke, dok korisnici koji pripadaju grupi kojoj su dodeljene datoteke mogu samo da čitaju njihov sadržaj.

Unutar svake od tri datoteke uneti tačno dva zapisa u prikazanom formatu. Jedan zapis ima oblik:

```
YYYY-MM-DD HH:II - TEKST ZAPISA
```

Gde su YYYY, MM, DD, HH i II brojevi koji predstavljaju godinu, mesec, dan, sat (u dvadesetčetvoro časovnom formatu) i minut, a u nastavku, pa do kraja reda je proizvoljan tekst. Mora da postoji barem jedan zapis koji je upisan pod punim satom, tj. da je broj minuta 00.

Ukoliko budete imali potrebe da menjate privilegije direktorijuma Dnevnik, po završetku ove stavke, direktorijumu Dnevnik vratite privilegije prikazane u listingu iz Stavke 1!

Stavka 5 – Napravite sliku particije.

U direktorijumu arhive napraviti datoteku image.img koja ima veličinu 2MB, a zatim je formatirajte kao EXT4 particiju.

Stavka 6 – Filtriranje sadržaja iz datoteka.

Preuzmite arhivu sa <https://zadatak.singidunum.ac.rs/app/os/zadatak-k2.tar.gz> i raspakujte je u direktorijum na putanji /home/kolokvijum/Materijali/.

Vaš zadatak je da napravite direktorijum pod imenom Izvod unutar direktorijuma ZADATAK i da u njemu postoje tri datoteke: izvod1.j, izvod2.j i izvod3.j.

- izvod1.j treba da sadrži sve jedinstvene redove teksta iz svih datoteka iz direktorijuma /home/kolokvijum/Materijali/ koji sadrže veliko slovo E.
- izvod2.j treba da sadrži sve jedinstvene redove iz datoteke izvod1.j koji u sebi sadrže malo slovo e, poređanih u opadajući alfabetni poredak.
- izvod3.j treba da sadrži isto što i izvod2.j, sortirano obrnuto od izvod2.j.

Pokrenite naredbu za automatizovanu predaju i ocenjivanje rešenja Vašeg rada.

O autoru

Milan Tair je rođen 1988. u Beogradu, u SR Srbiji, SFR Jugoslavije. Od detinjstva je bio zainteresovan za tehnologiju, elektroniku i posebno je bio zainteresovan za računare. Još u osnovnoj školi je napisao svoj prvi računarski program i ⁶⁴ srednje škole je znao nekoliko programskih jezika. Pohađao je srednju elektrotehničku školu "Nikola Tesla" u Beogradu. Nakon srednje škole je upisao Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu. Međutim, ljubav za računarstvom i programiranjem ga ⁷ opredelila da pre kraja prve godine pređe na Fakultet za informatiku i računarstvo Univerziteta Singidunum. Diplomirao je na smeru "Programiranje i projektovanje" 2012. godine. Master studije na odseku "Savremene informacione tehnologije", smer "Inteligentni sistemi" je završio u novembru 2013. godine na Univerzitetu Singidunum i stekao zvanje Master informatičar. Studije je nastavio na smeru "Elektrotehnika i računarstvo".



Stručnu karijeru u oblasti programiranja je započeo 2008. godine kao veb programer. Saradivao je sa nekoliko programerskih firmi u zemlji i u inostranstvu. Od 2010. godine radio je kao volonter u Računarskom centru Univerziteta Singidunum, a od 2012. godine, nakon diplomiranja, angažovan je kao programer na Univerzitetu Singidunum. Kao programer u Računarskom centru, učestvovao je u razvoju portala, veb sajtova fakulteta, studentskih portala, programskih rešenja zasnovanih na veb tehnologijama, a službe Univerziteta, sistema za beleženje radnog vremena zaposlenih, sistema za beleženje prisustva studenata na vežbama, izmeni i adaptaciji sistema za elektronsko testiranje MTutor, programu Univerziteta za mobilne uređaje, razvoju nekoliko obrazovnih video igara za veb i Android platformu, raznim uslužnim portalima za studentsku službu, kao i drugim informacionim sistemima i modulima informacionih sistema službi Univerziteta. Pored redovnog angažovanja na poslovima programera u Računarskom centru, radio je kao saradnik u nastavi.

Držao je nastavu na vežbama iz predmeta Objektno orijentisano programiranje (C++) i Praktikum - Programski sistemi (Java). Nakon kraće pauze, vraća se u nastavu kao saradnik u nastavi. Angažovan je na sprovođenju radne nastave na vežbama iz predmeta Osnove programiranja - Java, Osnove programiranja - Python, Praktikum - Internet i veb tehnologije (PHP programiranje rešenja zasnovanih na veb tehnologijama, veb servisa, Node.js razvoj veb portala), Baze podataka, Operativni sistemi (upotreba distribucija GNU/Linux operativnih sistema), Objektno-orijentisano programiranje - Java, Razvoj programskih rešenja za mobilne uređaje sa Android operativnim sistemom i Testiranje softvera.

Od 2017. godine vodi *YouTube* kanal pod svojim imenom na kojem objavljuje besplatne video lekcije iz oblasti programiranja, baza podataka, razvoja veb servisa i portala, *GNU/Linux* sistema i testiranja softvera.

Pored maternjeg, tečno govori engleski jezik koji aktivno koristi. Dobro poznaje i služi se ruskim jezikom. Učio je i japanski, nemački i latinski jezik. Poznavanje latinskog jezika mu pomaže u učenju francuskog i rumunskog jezika.

Voli istoriju i rado čita i uči o drugim kulturama, jezicima i načinima života, kako prošlim, tako i savremenim. Voleo bi da u životu poseti i svojim očima vidi ostatke drevnih civilizacija celog sveta, ali i kulture koje su njihovi savremeni naslednici koji čuvaju i šire duh multikulturalnog sveta.

Oduvek je bio očaran japanskim animiranim filmovima i stripovima, koje je od detinjstva gledao i čitao. Ljubitelj je književnih žanrova naučne i epske fantastike, koje najradije čita i o kojima uvek voli da povede duge razgovore sa prijateljima.

Izjava o autorstvu doktorske disertacije

Ovom izjavom, pod punom materijalnom, krivičnom, moralnom i akademskom odgovornošću, potvrđujem da sam lično napisao doktorsku doktorsku disertaciju pod sledećim nazivom:

"Softverska rešenja za automatizovano ocenjivanje radova u oblasti računarstva".

Svi delovi rada, rezultati ili ideje koje su citirane ili preuzete od drugih autora ili institucija, jasno su naznačene u skladu sa pravilima akademskog pisanja - fusnotama, endnotama i u spisku bibliografskih referenci.

U skladu sa odlukom UNIVERZITETA SINGIDUNUM, broj. 1495-22 od 1. 10. 2014. godine, saglasan sam da se izvrši provera rada na plagijarizam korišćenjem alata iThenticate.

Izvod iz odluke:

Prva i do 136 provera rada na plagijarizam su besplatne. Svaka naredna se plaća 100 bodova (eura u dinarskoj protivvrednosti po srednjem kursu NBS na dan plate + PDV) na ime administrativnih troškova za plagijat.

Pravna pouka:

1. Podnošenje lažne izjave povlači odgovornost u skladu sa Pravilnikom o disciplinskoj 193 odgovornosti studenata 161 UNIVERZITETA SINGIDUNUM.
2. U slučaju da se utvrdi da se radi o plagijatu, zaranjuje se podnošenje novog rada u periodu od 3 (tri) godine.

U Beogradu

Kandidat

Milan Tair

2

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem biblioteku UNIVERZITETA SINGIDUNUM da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

"Softverska rešenja za automatizovano ocenjivanje radova u oblasti računarstva",

koja je moje autorsko delo.

2

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranoj licenci Kreativne zajednice (*Creative Commons*) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo

2. Autorstvo - nekomercijalno

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerađe

4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima**

5. Autorstvo – bez prerađe

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

U Beogradu

Potpis doktoranda

Milan Tair

3

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije rada

Ime i prezime autora

Milan Tair

Broj indeksa

2015466037

Studijski program

Elektrotehnika i računarstvo

Naslov rada

„Softverska rešenja za automatizovano ocenjivanje radova u oblasti računarstva“

Mentor Prof. dr Miodrag Živković

3

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao rad² objavljivanja na portalu Digitalnog repozitorijuma UNIVERZITETA SINGIDUNUM i radi pohranjena u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama UNIVERZITETA SINGIDUNUM u Beogradu.

U Beogradu

Potpis doktoranda

Milan Tair

Softverska rešenja za automatizovano ocenjivanje radova u oblasti računarstva

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	demos.telerik.com Internet	231 words — < 1%
2	fedorabg.bg.ac.rs Internet	208 words — < 1%
3	nardus.mpn.gov.rs Internet	192 words — < 1%
4	hal.archives-ouvertes.fr Internet	163 words — < 1%
5	vbs.rs Internet	116 words — < 1%
6	www.inderscienceonline.com Internet	79 words — < 1%
7	rc.singidunum.ac.rs Internet	74 words — < 1%
8	muep.mau.se Internet	53 words — < 1%
9	scindeks.ceon.rs Internet	52 words — < 1%

10	jurnal.untan.ac.id Internet	45 words — < 1%
11	research.ou.nl Internet	45 words — < 1%
12	Michael T. Helmick. "Interface-based programming assignments and automatic grading of java programs", Proceedings of the 12th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education - ITiCSE 07 ITiCSE 07, 2007 Crossref	43 words — < 1%
13	dl.acm.org Internet	43 words — < 1%
14	www.racunarstvo.matf.bg.ac.rs Internet	34 words — < 1%
15	eteze.bg.ac.rs Internet	30 words — < 1%
16	www.naun.org Internet	29 words — < 1%
17	inba.info Internet	28 words — < 1%
18	singidunum.ac.rs Internet	27 words — < 1%
19	insis.vse.cz Internet	25 words — < 1%
20	link.springer.com Internet	25 words — < 1%

-
- 21 hdl.handle.net 24 words — < 1%
Internet
-
- 22 infostore.saiglobal.com 24 words — < 1%
Internet
-
- 23 Krenare Pireva Nuci, Rabail Tahir, Alf Inge Wang, Ali Shariq Imran. "Game-based digital quiz as a tool for improving students' engagement and learning in online lectures", IEEE Access, 2021 23 words — < 1%
Crossref
-
- 24 revistas.udea.edu.co 23 words — < 1%
Internet
-
- 25 Hannah Blau, Samantha Kolovson, W. Richards Adrion, Robert Moll. "Automated style feedback for advanced beginner Java programmers", 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2016 22 words — < 1%
Crossref
-
- 26 Luís Madureira, Aleš Popovič, Mauro Castelli. "Competitive intelligence: A unified view and modular definition", Technological Forecasting and Social Change, 2021 22 words — < 1%
Crossref
-
- 27 media.osbukovac.edu.rs 22 words — < 1%
Internet
-
- 28 tel.archives-ouvertes.fr 22 words — < 1%
Internet
-
- 29 Davy Tsz Kit Ng, Jac Ka Lok Leung, Samuel Kai Wah Chu, Maggie Shen Qiao. "Conceptualizing AI literacy: An exploratory review", Computers and Education: Artificial Intelligence, 2021 21 words — < 1%

30 www.nezbit.edu.rs 21 words — < 1 %
Internet

31 Anna Ly, Jack Parkinson, Quintin Cutts, Michael Liut, Andrew Petersen. "Spatial Skills and Demographic Factors in CS1", 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research, 2021 20 words — < 1 %
Crossref

32 docplayer.net 20 words — < 1 %
Internet

33 rua.ua.es 20 words — < 1 %
Internet

34 www.cris.uns.ac.rs 20 words — < 1 %
Internet

35 www.rcolomo.com 20 words — < 1 %
Internet

36 Katarzyna Moscinska, Jerzy Rutkowski. "Effective computer-assisted assessment: Challenges and solutions", 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2018 18 words — < 1 %
Crossref

37 Tomislav Stojanov. "The acceptance of spelling variants as symbols of Croatian spelling changes (1994–2013)", Written Language & Literacy, 2021 18 words — < 1 %
Crossref

38 helda.helsinki.fi 18 words — < 1 %
Internet

39 reddi.unlam.edu.ar

Internet

18 words — < 1%

40 www.bis.org

Internet

18 words — < 1%

41 www.centarmodernihznanja.com

Internet

18 words — < 1%

42 www.cs.hut.fi

Internet

18 words — < 1%

43 www.paragraf.rs

Internet

18 words — < 1%

44 www.syssec.ruhr-uni-bochum.de

Internet

18 words — < 1%

45 www.zrss.si

Internet

18 words — < 1%

46 Orges Cico, Letizia Jaccheri, Anh Nguyen-Duc, He Zhang. "Exploring the intersection between software industry and Software Engineering education - A systematic mapping of Software Engineering Trends", Journal of Systems and Software, 2020

Crossref

17 words — < 1%

47 ja.meta.stackoverflow.com

Internet

17 words — < 1%

48 notbot.se

Internet

17 words — < 1%

49 python.freelycode.com

Internet

17 words — < 1%

50	www.scielo.br Internet	17 words — < 1%
51	www.semanticscholar.org Internet	17 words — < 1%
52	"Chapter 19 Kommandoübersicht", Springer Science and Business Media LLC, 2007 Crossref	16 words — < 1%
53	Jun Peng, Bei Yuan, J. Michael Spector, Minhong Wang. "Integrating technology in programming learning and instruction: a critical review", International Journal of Smart Technology and Learning, 2019 Crossref	16 words — < 1%
54	Shumaya Resty Ramadhani. "The Utilization of G-Suite Features Combination on Developing Small Size of Android Application", 2020 International Conference on Applied Science and Technology (iCAST), 2020 Crossref	16 words — < 1%
55	annmichaelsen.com Internet	16 words — < 1%
56	biblioteca.ucp.edu.co Internet	16 words — < 1%
57	eteze.arts.bg.ac.rs Internet	16 words — < 1%
58	hal.inria.fr Internet	16 words — < 1%
59	jurnal.uisu.ac.id Internet	16 words — < 1%

60	repozitorij.unios.hr Internet	16 words — < 1%
61	www.doria.fi Internet	16 words — < 1%
62	www.i-scholar.in Internet	16 words — < 1%
63	www.ispras.ru Internet	16 words — < 1%
64	www.mts.rs Internet	16 words — < 1%
65	www.supremecourt.gov Internet	16 words — < 1%
66	www.vggs.rs Internet	16 words — < 1%
67	Aaditya Bhatia, Shaowei Wang, Muhammad Asaduzzaman, Ahmed E. Hassan. "A Study of Bug Management Using the Stack Exchange Question and Answering Platform", IEEE Transactions on Software Engineering, 2020 Crossref	15 words — < 1%
68	Anna Sheila I. Crisostomo, Don Anton Robles Balida, Reggie C. Gustilo. "K- means Clustering of Online Learning Profiles of Higher Education Teachers and Students Amid Covid19 Pandemic", 2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), 2020 Crossref	15 words — < 1%

69 Georgios Liargkovas, Angeliki Papadopoulou, Zoe Kotti, Diomidis Spinellis. "Software Engineering Education Knowledge Versus Industrial Needs", IEEE Transactions on Education, 2021
Crossref 15 words — < 1%

70 acuresearchbank.acu.edu.au
Internet 15 words — < 1%

71 data-scindeks.ceon.rs
Internet 15 words — < 1%

72 github.com
Internet 15 words — < 1%

73 www.contributors.ro
Internet 15 words — < 1%

74 Pankaj Kamthan, Nazlie Shahmir. "On Software Projects in Academia and Industry from a Perspective of Software Engineering Education", 2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), 2019
Crossref 14 words — < 1%

75 Sasko Ristov, Marjan Gusev, Goce Armenski. "Massive Development of E-Testing Questions", International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET), 2015
Crossref 14 words — < 1%

76 eres.library.adelaide.edu.au
Internet 14 words — < 1%

77 journal.iitta.gov.ua
Internet 14 words — < 1%

78	news.netcraft.com Internet	14 words — < 1 %
79	repository.iaincurup.ac.id Internet	14 words — < 1 %
80	repozitorij.svkst.unist.hr Internet	14 words — < 1 %
81	tojde.anadolu.edu.tr Internet	14 words — < 1 %
82	www.mpn.gov.rs Internet	14 words — < 1 %
83	www.researchgate.net Internet	14 words — < 1 %
84	www.root.cz Internet	14 words — < 1 %
85	www.sciencegate.app Internet	14 words — < 1 %
86	Ahmad Kardan, Hamid Sadeghi. "Modeling the learner group formation problem in computer-supported collaborative learning using mathematical programming", The 8th National and the 5th International Conference on e-Learning and e-Teaching (ICeLeT 2014), 2014 Crossref	13 words — < 1 %
87	Andreas Melzer, Ulrich Gergs, Josef Lukas, Joachim Neumann. "Rating Scale Measures in Multiple-Choice Exams: Pilot Studies in Pharmacology", Education Research International, 2018 Crossref	13 words — < 1 %

88 Barbara Apostolou, Jack W. Dorminey, John M. Hassell, James E. Rebele. "Accounting education literature review (2017)", Journal of Accounting Education, 2018
Crossref 13 words — < 1%

89 Kalthoum Rezgui, Hédia Mhiri, Khaled Ghédira. "Extending Moodle Functionalities with Ontology-based Competency Management", Procedia Computer Science, 2014
Crossref 13 words — < 1%

90 Md Arafat Hossain, Steve Versteeg, Jun Han, Muhammad Ashad Kabir, Jiaojiao Jiang, Jean-Guy Schneider. "Mining accurate message formats for service APIs", 2018 IEEE 25th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER), 2018
Crossref 13 words — < 1%

91 Sanna, Andrea, Fabrizio Lamberti, Gianluca Paravati, and Claudio Demartini. "Automatic Assessment of 3D Modeling Exams", IEEE Transactions on Learning Technologies, 2012.
Crossref 13 words — < 1%

92 absolute.digital
Internet 13 words — < 1%

93 cs.joensuu.fi
Internet 13 words — < 1%

94 edtechmagazine.com
Internet 13 words — < 1%

95 publishup.uni-potsdam.de
Internet 13 words — < 1%

96 qz.com

Internet

13 words — < 1%

97 twm.me
Internet

13 words — < 1%

98 www.iaeng.org
Internet

13 words — < 1%

99 www.inf.usi.ch
Internet

13 words — < 1%

100 www.paragraflex.co.rs
Internet

13 words — < 1%

101 Beatriz de Luis Fernández. "Development of enzyme-functionalized hybrid mesoporous nanodevices for advanced chemical communication", Universitat Politecnica de Valencia, 2021
Crossref Posted Content

12 words — < 1%

102 Xianping Wang, Weiru Chen, Hao Qiu, Awad Eldurssi, Fei Xie, Jiayue Shen. "A Survey on the E-learning platforms used during COVID-19", 2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), 2020
Crossref

12 words — < 1%

103 Zhi, Junji, Vahid Garousi-Yusifoğlu, Bo Sun, Golar Garousi, Shawn Shahnewaz, and Guenther Ruhe. "Cost, benefits and quality of software development documentation: A systematic mapping", Journal of Systems and Software, 2015.
Crossref

12 words — < 1%

104 cfile3.uf.tistory.com
Internet

12 words — < 1%

105	content.iospress.com:443 Internet	12 words — < 1 %
106	hrcak.srce.hr Internet	12 words — < 1 %
107	kpfu.ru Internet	12 words — < 1 %
108	rs.vozzi.app Internet	12 words — < 1 %
109	www.academypublication.com Internet	12 words — < 1 %
110	www.cs.ubbcluj.ro Internet	12 words — < 1 %
111	www.gwern.net Internet	12 words — < 1 %
112	www.nature.com Internet	12 words — < 1 %
113	Gerardo Prieto, Ana R Delgado. "The role of instructions in the variability of sex-related differences in multiple-choice tests", Personality and Individual Differences, 1999 Crossref	11 words — < 1 %
114	Hua Fan, Zonglin Li, Quanyuan Feng, Qi Wei. "Strengthening the Practical Capacity of Students: an Educational Case Study about Teaching Feedback in Electronics Circuit", 2021 IEEE International Systems Conference (SysCon), 2021 Crossref	11 words — < 1 %

115	Xu, Aifang, Xiaonan Feng, and Ye Tian. "Revealing, characterizing, and detecting crowdsourcing spammers: A case study in community Q&A", 2015 IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM), 2015. Crossref	11 words — < 1%
116	ikee.lib.auth.gr Internet	11 words — < 1%
117	javascript.plainenglish.io Internet	11 words — < 1%
118	journals.openedition.org Internet	11 words — < 1%
119	repository.ffri.uniri.hr Internet	11 words — < 1%
120	researchr.org Internet	11 words — < 1%
121	rio.upo.es Internet	11 words — < 1%
122	www.mi.sanu.ac.rs Internet	11 words — < 1%
123	www.nisc.co.za Internet	11 words — < 1%
124	"Educating in Dialog", John Benjamins Publishing Company, 2014 Crossref	10 words — < 1%
125	Hassam Farooq Sahibzada, Cai Jianfeng, Umar Farooq Sahibzada, Roshi Khalid, Gul Afshan. "Unpacking knowledge management and organizational	10 words — < 1%

-
- 126 Mahlatsi Kgabo Jackson Ramphela, Pius Adewale Owolawi, Temitope Mapayi, Gbolahan Aiyetoro. "Internet of Things (IoT) Integrated Data Center Infrastructure Monitoring System", 2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD), 2020
Crossref 10 words — < 1%
-
- 127 Tiantian Wang, Djoko Budi Santoso, Kechao Wang, Xiaohong Su. "Automatic Grading for Complex Multifile Programs", Complexity, 2020
Crossref 10 words — < 1%
-
- 128 Veronica Egas-Reyes, Valeria Grijalva-Vasquez, Paulina Barahona-Cruz, Diego Ordonez-Camacho, Carlos Ignacio Man-Ging. "Learning in the Technological Transition Process of a MOOC of Social Interest", 2019 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS), 2019
Crossref 10 words — < 1%
-
- 129 [cdlu.net](#)
Internet 10 words — < 1%
-
- 130 [elearningindustry.com](#)
Internet 10 words — < 1%
-
- 131 [fr.wikipedia.org](#)
Internet 10 words — < 1%
-
- 132 [oditty.me](#)
Internet 10 words — < 1%

133	telrp.springeropen.com Internet	10 words — < 1%
134	www.aconf.org Internet	10 words — < 1%
135	www.fim.singidunum.ac.rs Internet	10 words — < 1%
136	www.slideshare.net Internet	10 words — < 1%
137	www.unip.br Internet	10 words — < 1%
138	zir.nsk.hr Internet	10 words — < 1%
139	Chia-ching Lin. "A PLS-SEM Approach to Technology-Enhanced EFL Writing", 2020 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), 2020 Crossref	9 words — < 1%
140	Haoxiang Zhang, Shaowei Wang, Heng Li, Tse-Hsun Peter Chen, Ahmed E. Hassan. "A Study of C/C++ Code Weaknesses on Stack Overflow", IEEE Transactions on Software Engineering, 2021 Crossref	9 words — < 1%
141	Obrad T. Čabarkapa, Brankica Đ. Potkonjak-Lukić. "Knowledge of the Military Academy students in the field of intellectual property protection", Vojnotehnicki glasnik, 2010 Crossref	9 words — < 1%
142	art-nto.ru	

9 words — < 1%

143 blog.hawaii.edu
Internet

9 words — < 1%

144 ceki-ada.info
Internet

9 words — < 1%

145 darkomi-it.blogspot.com
Internet

9 words — < 1%

146 ejournals.itda.ac.id
Internet

9 words — < 1%

147 ijet.pl
Internet

9 words — < 1%

148 it.wikipedia.org
Internet

9 words — < 1%

149 journal.uir.ac.id
Internet

9 words — < 1%

150 lup.lub.lu.se
Internet

9 words — < 1%

151 static.appliancesconnection.com
Internet

9 words — < 1%

152 studenttheses.cbs.dk
Internet

9 words — < 1%

153 vuir.vu.edu.au
Internet

9 words — < 1%

154 www.cirb.irisnet.be

Internet

9 words — < 1%

155 www.codingame.com
Internet

9 words — < 1%

156 www.crossref.org
Internet

9 words — < 1%

157 www.edunovatic.org
Internet

9 words — < 1%

158 www.etstesla.ni.ac.rs
Internet

9 words — < 1%

159 www.meritplan.rs
Internet

9 words — < 1%

160 www.optimist.rs
Internet

9 words — < 1%

161 www.poligraf.news
Internet

9 words — < 1%

162 www.stitcher.com
Internet

9 words — < 1%

163 www.wikizero.com
Internet

9 words — < 1%

164 "Computational Intelligence in Information
Systems", Springer Science and Business Media
LLC, 2017
Crossref

8 words — < 1%

165 "Encyclopedia of Education and Information
Technologies", Springer Science and Business

8 words — < 1%

166 Avani Agarwal, Sahil Sharma, Vijay Kumar, Manjit Kaur. "Effect of E-learning on public health and environment during COVID-19 lockdown", Big Data Mining and Analytics, 2021

Crossref

8 words — < 1%

167 Eleven, E., and D. Karuovic. "Comparative review and analyses of tools for distance learning", IEEE 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, 2010.

Crossref

8 words — < 1%

168 Jasmina Markov, Biljana Lazic. "Problem of data privacy protection in direct marketing", Marketing, 2011

Crossref

8 words — < 1%

169 The Education Systems of Europe, 2015.

Crossref

8 words — < 1%

170 bgafc.t-hosting.hu

Internet

8 words — < 1%

171 bn.org.pl

Internet

8 words — < 1%

172 doczz.net

Internet

8 words — < 1%

173 ela.kpi.ua

Internet

8 words — < 1%

174 espe-rtd-reflexpro.u-ga.fr

Internet

8 words — < 1%

175	eteze.ni.ac.rs Internet	8 words — < 1%
176	im.metropolis.net Internet	8 words — < 1%
177	isc2.sans.org Internet	8 words — < 1%
178	journals.sagepub.com Internet	8 words — < 1%
179	me.propisi.net Internet	8 words — < 1%
180	medlib.mef.hr Internet	8 words — < 1%
181	monstat.org Internet	8 words — < 1%
182	paee.dps.uminho.pt Internet	8 words — < 1%
183	pure.unamur.be Internet	8 words — < 1%
184	qdoc.tips Internet	8 words — < 1%
185	repository.ntu.edu.sg Internet	8 words — < 1%
186	repozitorij.fsb.unizg.hr Internet	8 words — < 1%

repozitorij.pmf.unizg.hr

187	Internet	8 words — < 1%
188	slavicamijatovic.blogspot.com Internet	8 words — < 1%
189	tehnoducan.rs Internet	8 words — < 1%
190	twitter.com Internet	8 words — < 1%
191	uir.unisa.ac.za Internet	8 words — < 1%
192	www.algebra.hr Internet	8 words — < 1%
193	www.apeiron-uni.eu Internet	8 words — < 1%
194	www.iksi.ac.rs Internet	8 words — < 1%
195	www.kafica.info Internet	8 words — < 1%
196	www.learntechlib.org Internet	8 words — < 1%
197	www.mhrr.gov.ba Internet	8 words — < 1%
198	www.monstat.org Internet	8 words — < 1%
199	www.overa.rs	

8 words — < 1%

200 www.paqs.be
Internet

8 words — < 1%

201 www.poezija-gedichte.com
Internet

8 words — < 1%

202 www.unirepository.svkri.uniri.hr
Internet

8 words — < 1%

203 www.zhdz.hr
Internet

8 words — < 1%

204 "National scholarships and courses (by country)",
S. Karger AG, 1989
Crossref

7 words — < 1%

205 Abdul Wahab Muzaffar, Muhammad Tahir,
Muhammad Waseem Anwar, Qaiser Chaudry,
Shamaila Rasheed Mir, Yawar Rasheed. "A Systematic Review of
Online Exams Solutions in E-Learning: Techniques, Tools, and
Global Adoption", IEEE Access, 2021
Crossref

7 words — < 1%

206 Besiki Stvilia, Leila Gibradze. "Examining
Undergraduate Students' Priorities for Academic
Library Services and Social Media Communication", The Journal
of Academic Librarianship, 2017
Crossref

7 words — < 1%

207 John Paul Anbu K., Sanjay Kataria. "Emerging
Trends in Mobile OPACs Options and Solutions in
Creating Mobile Optimized Library Catalogues", 2018 5th
International Symposium on Emerging Trends and

7 words — < 1%

Technologies in Libraries and Information Services (ETTLIS), 2018

Crossref

-
- | | | |
|-----|--|----------------|
| 208 | scholarworks.utep.edu
<small>Internet</small> | 7 words — < 1% |
|-----|--|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 209 | www.dcc.fc.up.pt
<small>Internet</small> | 7 words — < 1% |
|-----|---|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 210 | www.periscope-r.quebec
<small>Internet</small> | 7 words — < 1% |
|-----|---|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 211 | www.tandfonline.com
<small>Internet</small> | 7 words — < 1% |
|-----|---|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 212 | Aleksandra Gagić, Milica Zelić, Milica Čolović. "The Use of Internet To Increase Student Motivation in The Foreign Language Learning Process", Proceedings of the International Scientific Conference - Sinteza 2019, 2019
<small>Crossref</small> | 6 words — < 1% |
|-----|---|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 213 | Jelena Raković, Tom O'Donoghue, Simon Clarke. "Leaders and Leadership in Serbian Primary Schools", Springer Science and Business Media LLC, 2019
<small>Crossref</small> | 6 words — < 1% |
|-----|---|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 214 | John English, Tammy English. "Experiences of Using Automated Assessment in Computer Science Courses", Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice, 2015
<small>Crossref</small> | 6 words — < 1% |
|-----|---|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 215 | Lecture Notes in Computer Science, 2004.
<small>Crossref</small> | 6 words — < 1% |
|-----|---|----------------|
-
- | | | |
|-----|---|----------------|
| 216 | darhiv.ffzg.unizg.hr
<small>Internet</small> | 6 words — < 1% |
|-----|---|----------------|

-
- 217 epub.uni-regensburg.de Internet 6 words — < 1%
-
- 218 www.cs.uu.nl Internet 6 words — < 1%
-
- 219 www.ftn.uns.ac.rs Internet 6 words — < 1%
-
- 220 Alexandra Funke, Katharina Geldreich. "Gender Differences in Scratch Programs of Primary School Children", Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education - WiPSCE '17, 2017 Crossref 5 words — < 1%
-
- 221 R. Valdivia, M. Nussbaum, S.F. Ochoa. "Modeling a Collaborative Answer Negotiation Activity Using IMS-Based Learning Design", IEEE Transactions on Education, 2009 Crossref 5 words — < 1%
-
- 222 academic.hep.com.cn Internet 5 words — < 1%
-
- 223 IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2014. Crossref 4 words — < 1%
-
- 224 K A'yun, P Suharso, S Kantun. "Google Classroom as the Online Learning Platform During he Covid-19 Pandemic for the Management Business Student at SMK Negeri 1 Lumajang", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021 Crossref 4 words — < 1%
-
- 225 Ryan Ignatius Hadiwijaya, M.M. Inggriani Liem. "A domain-specific language for automatic generation 4 words — < 1%

of checkers", 2015 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE), 2015

Crossref

226	repo.iain-tulungagung.ac.id	4 words — < 1%
Internet		

227	support.microsoft.com	4 words — < 1%
Internet		

228	vdocuments.site	4 words — < 1%
Internet		

229	www.cureus.com	4 words — < 1%
Internet		

230	www.vsup.org	4 words — < 1%
Internet		

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON