

ANALIZA EFEKATA PRAKTIČNE NASTAVE I ISPITIVANJA NA PREDMETIMA PROGRAMIRANJE 1 I PROGRAMIRANJE 2

Miloš Obradović¹, Aleksa Srbljanović², Jovan Đukić³,
Vladimir Jocović⁴, Marko Mišić⁵, Jelica Protić⁶

^{1,2,3,4,5,6}Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

¹milos.obradovic@etf.bg.ac.rs, ²aleksa.srbljanovic@etf.bg.ac.rs, ³jovan.djukic@etf.bg.ac.rs

⁴vladimir.jocovic@etf.bg.ac.rs, ⁵marko.misic@etf.bg.ac.rs, ⁶jelica.protic@etf.bg.ac.rs

Kratak sadržaj: Predmeti Programiranje 1 i Programiranje 2 su obavezni predmeti na prvoj godini za sve studente Elektrotehničkog fakulteta. Ciljevi ovih predmeta su upoznavanje studenata s osnovama računarstva i obučavanje za samostalnu izradu proceduralnih programa, što im može koristiti bez obzira na modul koji budu izabrali. Tokom godina, ovi predmeti su prošli kroz niz reformi i prilagođavanja savremenim tehnologijama i potrebama tržišta. Posljednja značajna promena dogodila se 2019. godine kada je uveden programski jezik Python u okviru predmeta Programiranje 1, a praktični deo oba kursa, kako nastava tako i ocenjivanje, prebačeni su na praktičan rad na računarima. Tokom poslednje četiri godine, suočavali smo se s izazovima u prilagođavanju nekih aspekata rada na računarima i obučavanju studenata, pri čemu je značajno uticala i pandemija COVID-19. Sada, nakon četiri godine, možemo da analiziramo rezultate uvedenih promena i vidimo da li se polaganje predmeta promenilo na bolje ili na gore.

Ključne reči: metodologija nastave, nastava programiranja, iskustva i rezultati

ANALYSIS OF THE PRACTICAL TRAINING AND EXAMINATION EFFECTS IN PROGRAMMING 1 AND PROGRAMMING 2 COURSES

Abstract: The courses Programming 1 and Programming 2 are mandatory courses for all first-year students at the School of Electrical Engineering. The goals of these courses are to introduce students to the basics of computer science and to train them to independently create procedural programs, which can be useful for them regardless of the module they choose. Over the years, these courses have gone through a series of reforms and adaptations to modern technologies and market needs. The last significant change took place in 2019, when the Python programming language was introduced within the subject Programming 1, and the practical part of both courses, both teaching and assessment, were transferred to practical work on computers. During these four years, we faced challenges in adapting some aspects of working on computers and training students, with the COVID-19 pandemic also playing an important role. Now, after four years, we can analyze the results of the introduced changes and see if the passing rates of the course have been changed for the better or for the worse.

Key Words: teaching methodology, teaching of programming, experiences and results

1. UVOD

Na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu (UB-ETF) na studijskom programu Elektrotehnika i računarstvo na zajedničkoj prvoj godini studija za svih šest modula, koji imaju raznolike potrebe, studenti pohađaju obavezne predmete Programiranje 1 (P1) i Programiranje 2 (P2). Osnovni cilj ovih kurseva jeste osposobljavanje studenata za samostalno razvijanje i testiranje programa u odgovarajućim programskim jezicima, koristeći osnovne algoritme, kontrolne strukture i složene tipove podataka [1]. Usled pandemije COVID-19 i želje za modernizacijom programskog jezika koji se izučava na predmetu P1 [2], počevši od školske godine 2019/2020, sprovedena je značajna reorganizacija ovih kurseva [3]. Na predmetu P1 uveden je programski jezik Python, za sve studente, a praktični deo gradiva na oba kursa prebačen je na rad na računaru. Ove promene su rezultovale time da studenti sada imaju pristup okruženju za automatizovano ocenjivanje [4] i sve resurse koje bi inače bili dostupni u praktičnom radu. Za uzvrat, od njih se zahteva da na ispitima implementiraju funkcionalna rešenja koja efikasno rešavaju opisane probleme.

S obzirom na veliki broj studenata koji polaže predmete P1 i P2, a ograničen kapacitet računara na UB-ETF, organizacija praktičnog dela ispita predstavljala je veliki izazov. Tokom pandemije COVID-19, kapacitet laboratorija je bio dodatno ograničen, što je stvorilo dodatne komplikacije. Zbog ovih ograničenja, jedini način da se organizuje izrada praktičnog dela ispita u okviru jednog dana bio je da se studentima omogući da deo ispita odrade kroz domaći zadatak, a onda rešenje nadgrade za ograničeno vreme u laboratorijama fakulteta.

S obzirom na četvorogodišnje iskustvo u realizaciji nastave u novom formatu, postavlja se pitanje kako novi način pohađanja predmeta utiče na obrazovanje studenata. Na predmetu P2 se već dugi niz godina izučava programski jezik C, i promena je u ovom predmetu sprovedena samo u načinu izvođenja nastave, pa rezultati polaganja ovog

predmeta pružaju odličnu osnovu za analizu uticaja nastave na računarima na obrazovanje studenata. S druge strane, na predmetu P1 došlo je do izmena i u samom gradivu koje se proučava te se postavlja se pitanje kako se ovo odrazilo na rezultate polaganja ispita.

Drugo poglavlje ovog rada ima za cilj postavljanje osnovnih istraživačkih pitanja koja su od značaja za ovo istraživanje. Naredno poglavlje rada prezentuje rezultate ovog istraživanja, dok poslednje poglavlje predstavlja zaključak celokupnog istraživanja i otvara par pitanja koja mogu biti razmatrana u budućnosti.

2. CILJEVI ANALIZE

U ovom poglavlju predstavljani su osnovni ciljevi ovog istraživačkog rada. Rezultati istraživanja će uporediti osnovne statistike prolaznosti studenata [5], kao i raspodele poena i ocena, pre i nakon uvođenja ocenjivanja praktičnog rada studenata na računarima. Pored toga, istraživanje će pokušati da odgovori na neka značajna pitanja o uticaju novog načina ispitivanja na razumevanje osnovnih koncepata programiranja, kao i o uticaju polaganja praktičnog dela ispita kroz domaće zadatke. Ono što je zajedničko za sva pitanja je da bi usmeno ispitivanje studenta i poređenje ovih rezultata sa pismenim ispitom moglo da otkrije neke prednosti i mane u organizaciji pismenog ispita. Međutim zbog velikog broja studenata koji polažu predmet svake godine [6], u praksi je gotovo nemoguće sprovesti usmeno ispitivanje studenata, pa se rezultati ovog istraživanja pre svega zasnivaju na poređenju pismenog dela ispita pre i nakon uvedenih promena. Prilikom edukacije studenta mora se uzeti u obzir i da ovde učimo osnove programiranja na isti način studente kojima će to kasnije biti primarna stvar, ali i studente koji će programske jezike koristiti kao alat prilikom rađanja drugog posla [7].

Polaganje ispita na kursovima P1 i P2 čine teorijski deo ispita (koji podrazumeva analizu programskog koda i razumevanje osnovnih teorijskih koncepata proceduralnog programiranja i rada računara) i pisanje novih programa koji rešavaju određeni problem. Kako bi poredili koliko dobro studenti razumeju osnovne koncepte programiranja zasebno su posmatrani učinak na teorijskom i praktičnom delu ispita iz predmeta P1 i P2 u godinama pre i nakon uvođenja nastave na računarima. Takođe treba napomenuti da je tokom godina varirao broj poena koji se dodeljuje za doradu rada na licu mesta u odnosu na broj poena koji se može osvojiti radeći kod kuće. U okviru ovog pitanja razmatran je učinak studenata prilikom dorade programskog koda, ali i kako važnost ove dorade u sticanju ocene može uticati na napore koje studenti ulažu.

3. REZULTATI

U ovom poglavlju detaljno su opisani rezultati ovog istraživanja. Na početku poglavlja prikazana je osnovna statistika prolaznosti studenata tokom godina na predmetima P1 i P2, a u nastavku su prikazani rezultati analize koji treba da daju odgovore na istraživačka pitanja postavljena u drugom poglavlju.

U tabelama 1 i 2 prikazani su rezultati prolaznosti studenata i ocene koje su postigli na predmetima P1 i P2 redom. Ovi rezultati obuhvataju školske godine počev od 2017/2018 zaključno sa 2022/2023. Budući da je uvođenje nastave na računarima počelo 2019. godine [8], prve dve školske godine služe kao referentna tačka za prolaznost na predmetima tokom dugogodišnjeg tradicionalnog izvođenja nastave, dok ostale godine prikazuju postepeni napredak i rezultate primene nastave na računarima.

Tabela 1. Rezultati Programiranje 1

Školska godina	prate predmet	položili		ocena 6		ocena 7		ocena 8		ocena 9		ocena 10	
		Br.	%	Br.	%	Br.	%	Br.	%	Br.	%	Br.	%
2017/2018	718	577	80.4	253	35.2	145	20.2	92	12.8	41	5.7	46	6.4
2018/2019	680	586	86.2	215	31.6	149	21.9	97	14.3	82	12.1	43	6.3
2019/2020	693	574	82.8	197	28.4	134	19.3	99	14.3	78	11.3	66	9.5
2020/2021	672	567	84.4	150	22.3	126	18.8	121	18.0	83	12.4	87	12.9
2021/2022	639	520	81.4	161	25.2	122	19.1	99	15.5	71	11.1	67	10.5
2022/2023	651	532	87.7	162	24.9	120	18.4	88	13.5	78	12.0	84	12.9

Na prvi pogled, čini se da je uvođenje nastave na računarima značajno otežalo polaganje predmeta studentima. Primetno je da kako apsolutna, tako i relativna prolaznost studenata na predmetima P1 i P2 opada tokom godina, što je posebno izraženo na kursu P2. Međutim, treba imati na umu da je ovaj pad u velikoj meri rezultat prethodnog značajnog porasta broja studenata koji pohađaju ove predmete.

U poslednje dve školske godine, vidimo realniju sliku prolaska studenata, sa ravnomernom raspodelom ocena i prolaznosti. Primećujemo da od uvođenja nastave na računarima nešto veći broj studenata postiže najviše ocene u odnosu na prethodne godine, što je posebno izraženo na kursu P1. Ovi rezultati ukazuju na to da je uvođenje nastave na računarima moglo olakšati polaganje predmeta, ali treba uzeti u obzir i da su sada poboljšani materijali za pripremu ispita koji su dostupni studentima, kao i mogućnost provere i dorade rešenja u realnom vremenu, što je slično situaciji sa kojom će se studenti susreti u industriji. Ovo pruža mogućnost vrednim studentima da bolje pripreme ispit, a samim tim i lakše dođu do najviših ocena.

Tabela 2. Rezultati Programiranje 2

Školska godina	prate predmet	položili		ocena 6		ocena 7		ocena 8		ocena 9		ocena 10	
		Br.	%	Br.	%	Br.	%	Br.	%	Br.	%	Br.	%
2017/2018	897	712	79.4	333	37.1	201	22.4	101	11.3	46	5.1	31	3.5
2018/2019	864	705	81.6	333	38.5	182	21.1	115	13.3	57	6.6	18	2.1
2019/2020	806	644	79.9	260	32.3	156	19.4	103	12.8	71	8.8	54	6.7
2020/2021	790	622	78.7	229	29.0	134	17.0	106	13.4	77	9.7	76	9.6
2021/2022	710	519	73.1	142	20.0	111	15.6	115	16.2	68	9.6	83	11.7
2022/2023	676	464	68.6	180	26.6	102	15.1	81	12.0	58	8.6	43	6.4

3.1 Pregled učinka studenata na teorijskom i praktičnom delu ispita tokom godina

U tabeli 3 prikazan je prosečan učinak studenata u procentima na teorijskom (analiza) i praktičnom (sinteza) delu ispita na predmetima P1 i P2 za školske godine 2018/2019, 2021/2022 i 2022/2023. Školska godina 2018/2019 služi kao referentna godina za ocenu performansi studenata pre nego što su uvedene promene u propozicijama ispita. Sa druge strane, školske godine 2019/2020 i 2020/2021 smatraju se tranzitnim periodom u kojem su sprovedene promene i koje su dodatno obeležene izazovima tokom pandemije COVID-19. Zbog ovih faktora, učinak u ovim godinama nije detaljno analiziran jer ne odražava dominantno rezultate promena u nastavi.

Tabela 3. Učinak studenata na teorijskom i praktičnom delu ispita

Predmet	Programiranje 1			Programiranje 2		
Šk. godina	2018/2019	2021/2022	2022/2023	2018/2019	2021/2022	2022/2023
analiza	65.54	55.48	67.81	50.62	56.11	48.09
sinteza	43.97	68.56	58.84	59.13	69.98	59.68

Na oba predmeta je pre sprovođenja reformi teorijski deo ispita imao manji udeo u finalnoj oceni od praktičnog dela ispita, dok sada oba dela imaju udeo od 50%. Polaganje teorijskog dela ispita na predmetu P2 je jedina obaveza koja tokom godina nije imala promene u gradivu ili načinu ispitivanja i kao takva pruža dobru osnovu za poređenje performansi studenata iz različitih školskih godina.

Učinak studenata na teorijskom delu ispita iz P1 bio je nizak u školskoj godini 2021/2022, dok se u narednoj godini vratio na nivo pre promena u strukturi ocenjivanja, a učinak na praktičnom delu ispita je takođe opao za isti procenat. Ova promena se može pripisati odluci da se između ove dve školske godine smanji broj poena koje studenti mogu ostvariti na domaćem zadatku. Slabiji učinak na praktičnom delu ispita je podstakao studente da se bolje pripreme za teorijski deo ispita, a rezultat sličan onom iz školske godine 2018/2019 ukazuje na to da je ova promena u strukturi ocenjivanja verovatno bila korisna. Sličan učinak na praktičnom delu ispita primećen je i na predmetu P2, sa neočekivano dobrim učinkom na teorijskom delu ispita u školskoj 2021/2022 godini.

Dosta ujednačeni rezultati na praktičnom delu ispita prilikom pisanja programa u jezicima Python i C, u poređenju s vremenom kada su se na predmetima koristili programski jezici Pascal i C, jasno ukazuju na to da je odluka da se promeni programski jezik na predmetu P1 bila dobra. Osim toga što je programski jezik Python verovatno korisniji studentima koji ne planiraju da se primarno bave programiranjem, ovi rezultati takođe sugerišu da studenti sada bolje razumeju i primenjuju osnovne koncepte programiranja u praksi.

3.2 Pregled rezultata izrade praktičnog dela ispita tokom godina

Polaganje praktičnog dela ispita na računarima predstavlja organizacioni izazov, zbog čega je ovde najviše eksperimentisano s načinom ocenjivanja. Rezultati polaganja predmeta u poslednje tri školske godine detaljno su prikazani u tabeli 4. Tabela pruža uvid u prosečan učinak studenata u procentima na svakoj od obaveza na praktičnom delu ispita, zajedno s medijanom osvojenog broja poena, koja ilustruje učinak prosečnog studenta na toj obavezi.

Tabela 4. Polaganje praktičnog dela ispita na predmetima P1 i P2

Predmet		Programiranje 1						Programiranje 2					
Šk. godina		2020/2021		2021/2022		2022/2023		2020/2021		2021/2022		2022/2023	
domaći zad.		%	med.	%	med.	%	med.	%	med.	%	med.	%	med.
dz1	dz.	95	100	93	100	91	100	94	100	94	100	87	100
	mod1	63	83	62	100	79	100	47	33	66	58	84	100
	mod2	45	50	42	0	37	0	33	8			39	26
dz2	dz.	85	99	90	100	90	100	88	100	93	100	90	100
	mod1	60	75	40	0	65	100	40	0	26	2	77	100
	mod2	41	0	17	0	20	0	23	0			24	7

*za školsku godinu 2021/2022, nemamo sačuvane pojedinačne rezultate za svaku modifikaciju na predmetu P2, pa su ti rezultati prikazani zbirno u tabeli.

Važno je napomenuti sledeće činjenice. Praktični deo ispita na predmetima P1 i P2 utiče na formiranje konačne ocene sa udelom od 50%. U školskim godinama 2020/2021 i 2021/2022 svaki domaći zadatak je uticao na ocenu sa udelom od 15% dok je svaka modifikacija uticala sa udelom od 5%. U školskoj godini 2022/2023 uticaj domaćeg zadatka je smanjen za 5%, a udeo druge modifikacije je uvećan za isti procenat. Inicijalno su obe modifikacije predstavljale nadogradnju domaćih zadataka koje su studenti predali, a počev od letnjeg semestra (P2) 2021/2022 školske godine, prva modifikacija se studentima dodeljuje nasumično iz bazena osnovnih pitanja iz gradiva koje obuhvata domaći zadatak, dok druga modifikacija predstavlja nadogradnju predatog domaćeg zadatka.

Uočava se da je inicijalno model sa nadogradnjom na licu mesta dobro procenjivao znanje studenata. Međutim, studenti su brzo shvatili da im je najlakše da se koncentrišu na domaći zadatak i onda ne odrade dorade na licu mesta, što se oslikava maksimalnim medijalnim učinkom na domaćem zadatku i minimalnim na samoj doradi. Kako bi se ovo korigovalo, najpre je promenjen način na koji se studentima zadaju nadogradnje na licu mesta, a potom i sam udeo tih nadogradnji u formiranju finalne ocene. Ove promene su rezultovale boljim balansom prilikom polaganja predmeta P1 i P2 što je i prikazano u potpoglavlju 3.1.

4. ZAKLJUČAK

U radu su analizirani efekti tranzicije na nastavu na računarima na polaganje predmeta P1 i P2 na UB-ETF. Najpre je analizirana opšta prolaznost na predmetu, a zatim i zasebni delovi ispita koji ulaze u sastav ocene. Iako je bilo potrebno određeno vreme za prilagođavanje i uvođenje promena, uz dodatne izazove uzrokovane prelaskom na nastavu na daljinu usled pandemije COVID-19, rezultati ispita jasno ukazuju da nije došlo do gubitka kvaliteta nastave. Tendencije polaganja ispita i sticanja ocena ostaju slične onima pre reforme predmeta.

Rezultati istraživanja ukazuju na to da studenti postižu bolje rezultate na praktičnom delu ispita iz predmeta P1 od kada je uveden programski jezik *Python*, kao i da su novi rezultati dosta usklađeniji sa učinkom studenta na praktičnom delu ispita iz P2. Takođe, opšti trend pokazuje da studenti sada imaju veće mogućnosti za bolju pripremu za ispit i sticanje najviše ocene, zahvaljujući dodatnim resursima koji su im dostupni za vežbu.

Uočen je problem da studenti imaju nešto slabiji učinak prilikom izrade modifikacije koja se zasniva na nadogradnji domaćeg zadatka. Jedno od mogućih objašnjenja jeste vremensko ograničenje dato studentima za izradu ovih modifikacija, u okviru kojeg studenti moraju da odrade dve modifikacije, uključujući i pisanje rešenja koje radi i prolazi test primere. Drugo objašnjenje se zasniva na činjenici da za nadogradnju domaćeg zadatka studenti često ne menjaju svoj programski kod, već koriste gotovo rešenje koje im je dato od strane nastavnika. Ovo može zahtevati dodatno vreme da se studenti prilagode datom rešenju i ispravno izvrše sve zahteve na licu mesta.

Da bismo potvrdili ovu hipotezu i bolje razumeli uticaj oba navedena faktora na izradu modifikacije koje studenti dobijaju dalje istraživanje može uključivati varijaciju vremena koje studenti imaju na raspolaganju za izradu modifikacija, kao i analizu načina na koji zadavanje dodatnih zahteva utiče na njihovo rešavanje. Dodatno, primetno je da studenti dosta bolje analiziraju programski kod na predmetu P1 u odnosu na P2, pa se može analizirati koji sve faktori doprinose ovoj razlici.

5. LITERATURA

- [1] M. Mišić, V. Jocović, J. Đukić, M. Prodanov, A. Srbljanović, M. Obradović, „Sprovođenje praktične nastave programiranja na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu u online okruženju“, XXVII skup Trendovi razvoja - "On-line nastava na univerzitetima", pp. 379 - 382, Novi Sad, Feb. 2021.
- [2] M. Mišić, S. Delčev, T. Šekularac, „Naučiti prvake Python“, Primena slobodnog softvera i otvorenog hardvera, pp. 28 - 31, Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, Beograd, Okt. 2018.
- [3] M. Mišić, V. Jocović, J. Đukić, M. Prodanov, A. Srbljanović, M. Obradović, J. Protić, „Programski jezik Python u nastavi programiranja na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu“ – izazovi i rešenja, XXVII skup Trendovi razvoja - "On-line nastava na univerzitetima", pp. 245 - 248, Novi Sad, Feb. 2021.
- [4] J. Đukić, V. Jocović, M. Mišić, J. Protić, A. Srbljanović, M. Obradović, „Automatizacija ocenjivanja Python programskih zadataka na sistemu Moodle sa dodatkom CodeRunner“, Zbornik radova konferencije "JU INFO 2021", pp. 10 - 15, Informaciono društvo Srbije, Kopaonik, Srbija, Mar. 2021.
- [5] W. W. Willingham, J. M. Pollack, and C. Lewis. "Grades and test scores: Accounting for observed differences." *Journal of Educational Measurement*, Vol. 39, no. 1, pp. 1-37, Mar. 2002.
- [6] A. Bošnjaković, J. Protić, I. Tartalja, "Development of a software system for automated test assembly and scoring", 3rd International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2010), pp. 6012 – 6016, International Association of Technology, Education and Development (IATED), Madrid, Spain, Nov. 2010.
- [7] „Osnovne akademske studije ETF“, <https://www.etf.bg.ac.rs/sr/studiranje/osnovne-akademske-studije> (pristup: Jan. 2024).
- [8] V. Jocović, J. Đukić, M. Mišić, "First Experiences with Moodle and Coderunner Platforms in Programming Course", *Proceedings of the Tenth International Conference on e-Learning*, pp. 81 - 86, Belgrade Metropolitan University, Belgrade, Sep. 2019.