

Studiji računarstva na FER-u i PMF-u – sličnosti i razlike

Miho Hren, Mladen Vuković

Glavna motivacija za ovaj članak su pitanja maturanata o razlikama studija na Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FER) i Prirodoslovno-matematičkom fakultetu (PMF) Sveučilišta u Zagrebu. PMF je organizirao promociju svojih studija u nekoliko zagrebačkih srednjih škola. Zatim, ove godine primio je u posjet učenike čakovečke i varaždinske gimnazije. U sklopu tih promocijskih aktivnosti bili su organizirani okrugli stolovi na kojima su učenici mogli postavljati pitanja. Gotovo obavezno jedno učeničko pitanje je glasilo: “Zašto bih upisao studij matematike i onda kasnije studij računarstva na PMF-u kada takav studij postoji na FER-u?” Odlučili smo pokušati odgovoriti na to pitanje tako da smo zamolili za mišljenje nastavnike i studente koji su imali iskustva u nastavi studija računarstva na oba fakulteta.

Na samom početku članka dajemo usporedbu studijskih programa računarstva na oba fakulteta. To, naravno, nije jako sustavna i detaljna analiza (primjerice, nismo se upustili u detaljnu analizu sadržaja pojedinih kolegija). Nakon toga slijedi točka u kojoj su navedena mišljenja studenata koji su imali prilike prisustvovati nastavi na oba fakulteta. Zatim, u trećoj točki navodimo mišljenja nastavnika koji su imali iskustva s nastavom na studijima računarstva na oba fakulteta.

Usporedba strukture studija

Na početku uspoređujemo studijske programe na temelju javno dostupnih informacija o studijima računarstva na FER-u¹ i PMF-u² te vlastitih iskustava sa studijima. Prvo opisujemo strukturu studija.

Prijediplomski studij FER-a ima upisnu kvotu od 640 studenata, a prva je godina za studente računarstva i studente elektrotehnike zajednička. Specijalizacija u računarstvo dolazi upisom u drugu godinu, gdje studenti imaju prvi pravi susret s računarstvom. Treća godina služi za još dublju specijalizaciju, a studenti prvi put imaju priliku upisati izborne predmete. Prijediplomski studij na FER-u završava obranom završnog rada. Nakon prijediplomskog studija Računarstva student može upisati jedan od dva diplomatska studija³ na FER-u i time se specijalizirati u jedan od devet profila⁴, a ovaj dio studija traje dvije godine i završava obranom diplomskog rada.

S druge strane, prijediplomski studij računarstva na PMF-u formalno ne postoji. Umjesto toga, PMF nudi prijediplomski studij inženjerske matematike, s upisnom kvotom od 150 studenata, gdje je prvi semestar nominalno gotovo identičan prvom semestru FER-a. Ipak, računarski predmeti su isprepleteni u program “inženjerskog” prijediplomskog studija.⁵ Na drugoj godini se može odabrati izborni modul računarstva, a na trećoj godini student bira dva izborna predmeta. Računarstvo se na PMF-u javlja kao jedan od osam⁶ mogućih diplomatskih studija. Diplomski studij Računarstvo i matematika također traje dvije

¹ <https://www.fer.unizg.hr/studiji/fer3/racunarstvo>

² https://www.pmf.unizg.hr/math/studiji/preddiplomski_sveucilisni_studij_matematika

³ Informacijska i komunikacijska tehnologija ili Računarstvo

⁴ https://www.fer.unizg.hr/studiji/diplomski_studiji

⁵ Na Matematičkom odsjeku PMF-a postoje dva prijediplomska studija: Matematika te Matematika, smjer: nastavnički. Prvi od njih se često naziva “inženjerski” prijediplomski.

⁶ <https://www.pmf.unizg.hr/math/studiji/diplomski>

godine, a student koji je bio upisao izborni modul računarstva na prijediplomskom studiju, ovdje ima veliki odabir izbornih predmeta. Studij završava obranom diplomskog rada.

Spomenimo još da računarac na FER-u ima puno više “laboratorijskih” vježbi – to su zadaće koje student nastavnicima usmeno demonstrira. Ovisno o semestru, laboratorijskih vježbi može biti puno, pa čak preko 30. Uz ovu činjenicu i ranije napomene o završnom i diplomskom radu, vidimo drugačije pristupe poučavanju – FER više naglašava praktičan rad i eksperiment, a PMF preferira teoriju i analitički pristup. Ipak, ovo su smislene razlike između računarstva i matematike općenito, pa je za očekivati da se na isti način razlikuju i fakulteti.

Pogledajmo sličnosti i razlike prvog semestra studija. U tablici 1 prikazani su slični, odnosno različiti kolegiji prvog semestra na oba fakulteta. Iako se isto zovu na oba fakulteta, kolegiji *Matematička analiza 1* i *Linearna algebra (1)* ne pokrivaju isto gradivo. Na PMF-u se kroz gradivo tih kolegija prolazi temeljitije, pa tako *Matematička analiza 1* na FER-u odgovara *Matematičkoj analizi 1 i 2* na PMF-u. Taj efekt je ipak umanjen na kolegijima *Linearna algebra* i *Uvod u programiranje*, odnosno *Programiranje 1*.

1. semestar	FER	PMF
sličnosti	<i>Linearna algebra</i> <i>Matematička analiza 1</i> <i>Uvod u programiranje</i> <i>Tjelesna i zdravstvena kultura 1</i>	<i>Linearna algebra 1</i> <i>Matematička analiza 1</i> <i>Programiranje 1</i> <i>Tjelesna i zdravstvena kultura 1</i>
razlike	<i>Digitalna logika</i> <i>Vještine komuniciranja</i>	<i>Elementarna matematika 1</i> –

Tablica 1. Sličnosti i razlike prvog semestra na FER-u i na PMF-u.

S druge strane, FER-ovci slušaju kolegij *Digitalna logika* u kojem uče o osnovama računarstva i sklopovima koji omogućuju računanje, dok PMF-ovci slušaju kolegij *Elementarna matematika 1*, gdje se “navikavaju” na formalni matematički jezik i dokaze. Kroz ova dva kolegija se programi FER-a i PMF-a počinju razilaziti. Dodatno, na FER-u postoje i tzv. transversalni kolegiji koji studentu daju neke vještine, a prvi od njih je kolegij *Vještina komuniciranja*.

U drugom semestru prijediplomskih studija na PMF-u i FER-u vidimo veću razliku između studijskih programa. U tablici 2 dani su kolegiji oba studijska programa. Ovdje FER i PMF gotovo u potpunosti divergiraju, osim nominalno *Matematičke analize 2*, ali kao što smo prije spomenuli, sadržaj ovog kolegija na FER-u je bitno različit od istog na PMF-u.

2. semestar	
FER	PMF
<i>Fizika</i> <i>Matematička analiza 2</i> <i>Objektno orijentirano programiranje</i> <i>Osnove elektrotehnike</i> <i>Tjelesna i zdravstvena kultura 2</i> <i>Izborni transversalni predmet</i>	<i>Linearna algebra 2</i> <i>Matematička analiza 2</i> <i>Programiranje 2</i> <i>Elementarna matematika 2</i> <i>Tjelesna i zdravstvena kultura 2</i> –

Tablica 2. Sličnosti i razlike drugog semestra na FER-u i na PMF-u.

U tablici 3 navodimo sve kolegije koji se pojavljuju na oba fakulteta. Precizno, oni se pojavljuju i na prijediplomskom studiju računarstva na FER-u i na prijediplomskom studiju inženjerske matematike, odnosno diplomskom studiju računarstva i matematike, na PMF-u. Valja primijetiti da neki ključni računarski kolegiji, kao što je, primjerice, *Operacijski sustavi*, na PMF-u dolaze par godina (!) kasnije nego na FER-u. U tablici 3 brojevi u zagradi nakon imena kolegija označavaju u kojem semestru studija se kolegij izvodi.

FER	PMF
<i>Linearna algebra</i> (1)	<i>Linearna algebra 1</i> (1) <i>Linearna algebra 2</i> (2)
<i>Matematička analiza 1</i> (1)	<i>Matematička analiza 1</i> (1) <i>Matematička analiza 2</i> (2)
<i>Matematička analiza 2</i> (2)	<i>Diferencijalni račun funkcija više varijabli</i> (3) <i>Integrali funkcija više varijabli</i> (4) <i>Obične diferencijalne jednadžbe</i> (5)
<i>Uvod u programiranje</i> (1)	<i>Programiranje 1</i> (1) <i>Programiranje 2</i> (2)
<i>Objektno orijentirano programiranje</i> (2)	<i>Objektno programiranje (C++)</i> (6 ili 8)
<i>Algoritmi i strukture podataka</i> (3)	<i>Strukture podataka i algoritmi</i> (3)
<i>Arhitektura računala IR</i> (3)	<i>Građa računala*</i> (3 ili 7)
<i>Diskretna matematika I</i> (3)	<i>Diskretna matematika</i> (3)
<i>Vjerojatnost i statistika</i> (3)	<i>Vjerojatnost</i> (3) <i>Statistika</i> (6)
<i>Baze podataka</i> (4)	<i>Baze podataka</i> (4 ili 8)
<i>Komunikacijske mreže</i> (4)	<i>Mreže računala</i> (5 ili 7)
<i>Razvoj programske potpore za web</i> (4)	
<i>Operacijski sustavi</i> (4)	<i>Operacijski sustavi*</i> (8)
<i>Uvod u teoriju računarstva</i> (4)	<i>Interpretacija programa</i> (8)
<i>Prevođenje programskih jezika</i> (5)	
<i>Programsko inženjerstvo</i> (5)	<i>Softversko inženjerstvo</i> (9)
<i>Uvod u umjetnu inteligenciju</i> (6)	<i>Umjetna inteligencija</i> (7)

Tablica 3. Srodni kolegiji koje slušaju studenti FER-a i PMF-a.
Kolegije označene sa * predaju FER-ovi nastavnici.

Mišljenja studenata FER-a i PMF-a o studijima računarstva

Sada navodimo mišljenja nekih bivših i sadašnjih studenata FER-a i PMF-a koji imaju iskustva sa studijima računarstva na oba fakulteta. Njihovi tekstovi započinju kratkim predstavljanjem, zatim iskustvima na matičnom i drugom fakultetu, a na kraju je dano njihovo mišljenje.

Miho Hren. Student sam druge godine diplomskog studija Računarske znanosti na FER-u. Iako nisam student matematike, za sebe bih rekao da sam i matematičar i računarac. Da ću studirati na FER-u, bio sam siguran još u sedmom razredu osnovne škole, a zato sam

i upisao prirodoslovno-matematičku gimnaziju, gdje sam prvi put ozbiljnije učio i matematiku i programiranje.

Svoj prijediplomski studij sam u potpunosti odslušao na FER-u. Prva godina studija bila mi je najteža, prvenstveno zbog prilagođavanja na novu okolinu i na fakultetski tempo učenja – predmeta je manje, ali je zato gradivo opširnije i detaljnije. Uz obavezne kolegije upisivao sam i “vještine”, gdje sam naučio osnove Linuxa i programiranja u Javi te osnove natjecateljskog programiranja. Zapravo sam na tim vještinama naučio kako “biti računarac”. Od izbornih kolegija upisivao sam većinom one s matematičkim sadržajem, a tek sam na trećoj godini studija shvatio što želim specijalizirati – zbog toga sam na diplomskom studiju upisivao kolegije na PMF-u. Prvih par tjedana slušanja PMF-ovskih kolegija imao sam period prilagođavanja. Naime, na PMF-u se gotovo svaka iznesena tvrdnja dokazuje, a dokazivanje je samo po sebi jedna posebna vještina – rekao bih, najveća vrlina matematičara. Drago mi je što sam tu vještinu stekao – ne samo da mi je pružila novi način razmišljanja, već mi je zbog nje bilo lakše samome sebi objasniti neke druge koncepte.

Vjerujem da bi svaki računarac PMF-a bio jednako uspješan na FER-u i obratno. U kasnijim godinama studija, u razgovoru s kolegama sam primijetio da računarci jednog fakulteta žele na onaj drugi: FER-ovci bi teoriju, a PMF-ovci bi praksu. Vjerojatno nakon tri godine studiranja sličnih tema ljudi žele promjenu paradigme. Također vjerujem da bi svi računarci imali koristi od slušanja barem jednog kolegija na nematičnom fakultetu. Budućim računarcima poručujem: upisujte vještine i budite znatiželjni!

Jan Corazza. Student sam druge godine diplomskog studija Računarstvo i matematika na PMF-u. Još u osnovnoj školi sam želio studirati na FER-u – uvijek mi je bila bliža tehnička strana stvari (programiranje, elektronika, robotika). Interes za matematiku mi se javio kroz funkcijsko programiranje i strojno učenje.

Kao maturant slušao sam predavanja o funkcijskom programiranju koja je držao profesor Jan Šnajder s FER-a. Tada sam saznao o teoriji tipova i egzotičnim programskim jezicima. Prijediplomski studij sam upisao na FER-u zbog tadašnjih interesa. Diplomski studij upisao sam na PMF-u da bih bolje razumio matematičku pozadinu tema kojima se bavim, a često me matematika zainteresirala sama po sebi. Mislim da mi je PMF pružio dobre osnove za samostalno istraživanje interesa.

Mislim da je onima koji u slobodno vrijeme istražuju tehnologiju lakše postati dobar programer nego naučiti gradivo s PMF-a. Znanje s PMF-a mi je već pomoglo, što na praksi gdje sam se bavio strojnim učenjem, što na projektima gdje sam koristio logiku i teorijsko računarstvo. S druge strane, rekao bih da je FER bolji u motiviranju i primjeni znanja. Dodatno, FER ima više studenata zbog čega ima i više suradnje, pa je i studentska svakodnevnica šarolikija, a matematika je ipak više individualna stvar. Općenito, FER ima bolji “student experience” u svakodnevnim organizacijskim pitanjima i informiranju studenata. S profesorima imam dobra iskustva na oba fakulteta. Da se vratim na pitanje strojnog učenja, svakako je FER centar za tu granu računarstva, ali vjerujem da me za to PMF bolje teorijski pripremio.

Za kraj, rekao bih da su FER-ovci projektno, a PMF-ovci akademski orijentirani. Mislim da je PMF za one koje zanima matematička pozadina računarstva ili pak žele više opcija, a otvoreni su radu u računarstvu. S druge strane, FER je za one koje zanimaju programiranje i nove tehnologije te žele kvalitetnu tehničku podlogu.

Luka Karlić. Student sam druge godine diplomskog studija Matematička statistika na PMF-u. U vrijeme polaganja državne mature bio sam gotovo siguran da ću upisati FER, no onda sam upoznao doc. dr. sc. Andreja Novaka, tadašnjeg asistenta na FER-u. Nisam bio nimalo svjestan što znači studirati matematiku, ali Andrej mi je bio objasnio koliko je matematika svuda oko nas. Naposljetku sam ga poslušao i zahvalan sam mu za cijeli

život. Uz studij matematike radim u startupu Gideon na poziciji *Junior Computer Vision Engineer*.

Akadske godine 2018./2019. upisao sam kolegij (točnije: “vještinu”) *Osnove programskog jezika Java* kod profesora Marka Čupića na FER-u. Smatram to jednim od najboljih kolegija koje sam ikada slušao. Profesor Čupić izvrsno predaje te postepeno nadograđuje teme koje obrađuje i istovremeno objašnjava prednosti i mane danog pristupa. Nadalje, pomno osmišljene tjedne zadaće bile su ključne za svladavanje kolegija – to smatram glavnim razlogom izvrsnosti kolegija i stečenog znanja.

Akadske godine 2022./2023. položio sam vještinu *Natjecateljsko programiranje* na FER-u, za koju je potpuno odgovorna udruga studenata X.FER (čiji su članovi i PMF-ovci; većinom bivši natjecatelji). Kolegij je izvrstan te sam jako sretan što sam ga upisao jer su mi predavali renomirani natjecatelji. Na kolegiju se obrađuju napredni algoritmi i strukture podataka te zadatci s natjecanja – ono što se ispituje na razgovorima za posao u ponajboljim svjetskim IT-firmama!

Smatram da sam se jako dobro snašao na oba kolegija zahvaljujući studiju matematike. Naučio sam razmišljati izvan okvira i na apstraktan način, a onda je lagano generalizirati rješenja i primijeniti ih u novim situacijama. Volim znati pozadinu priče zato što sam tada sposobniji unaprijediti rješenje i smatram da se mogu lakše izvući iz problema u nepoznatoj okolini. Definitivno bih opet upisao matematiku da moram, a isto tako sam zahvalan FER-u što mi je omogućio poboljšati tehnička znanja.

Za kraj ću parafrazirati svog vođu tima iz Gideona nakon prvog tromjesečja rada (u timu nas je četvero FER-ovaca i ja PMF-ovac): “Drago nam je što si se pridružio timu i definitivno si osvježenje u načinu razmišljanja. Razmišljaš na drugačiji način te pristupaš problemu jako pedantno i analitički”. Moje mišljenje je da FER-ovci i PMF-ovci na poslu čine savršenu kombinaciju te da se lijepo nadopunjuju.

Dr. sc. Mladen Mikša. Završio sam prijediplomski (2010.) i diplomski (2012.) studij računarstva na FER-u. Tijekom prijediplomskog studija primarno sam bio zainteresiran za područja umjetne inteligencije i strojnog učenja. Prijediplomski projekt i rad sam polagao pod mentorstvom prof. dr. sc. Bojane Dalbelo Bašić i prof. dr. sc. Jana Šnajdera. Na diplomskom studiju moj primarni interes je postalo teorijsko računarstvo, i to posebno teorija računarstva složenosti. Diplomski projekt i rad sam odradio pod mentorstvom prof. dr. sc. Mladena Vukovića s PMF-a. Nakon diplomskog studija bio sam na doktoratu iz teorije složenosti dokaza (potpodručje teorije računarstva složenosti) na KTH-u u Stockholmu, Švedska, pod mentorstvom prof. dr. sc. Jakoba Nordströma. Doktorat sam obranio 2017. godine. Od tada radim kao računalni inženjer u *Jane Streetu* u Londonu.

Tijekom diplomskog studija na FER-u upisao sam i položio kolegij *Složenost algoritama* na PMF-u. Moj razlog za upisivanje tog predmeta je bio nedostatak ekvivalentnog na FER-u, a želio sam ga imati u popisu položenih predmeta zbog doktorata. Također sam tijekom diplomskog studija na FER-u položio više matematičkih kolegija nego što je bilo predviđeno standardnim programom (iako je bilo moguće izbjeći skoro sve matematičke kolegije). Moj interes je bio više prema matematici i umjetnoj inteligenciji. Predmeti iz umjetne inteligencije na FER-u su bili odlični i imali su dosta matematičkog pristupa u sebi, ali više iz praktične nego teorijske perspektive.

Imao sam relativno ograničeno iskustvo s kolegijima na PMF-u te je moje iskustvo na oba fakulteta donekle zastarjelo. Po sjećanju, te uspoređujući trenutne diplomske programe na stranicama fakulteta, pod dojmom sam da je teorijsko računarstvo bolje zastupljeno na PMF-u. Na FER-u nema kolegija koji detaljnije obrađuju područja teorijskog računarstva kao što su izračunljivost i teorija složenosti. Iz perspektive mojih područja interesa, PMF je bio bolji za teorijsko računarstvo, dok je FER bio bolji za umjetnu inteligenciju. Gledajući trenutne programe oba studija, ta razlika mi izgleda još naglašenija te bi mi još teže bilo izabrati studij.

Mišljenja nastavnika PMF-a i FER-a o studijima računarstva

Sada navodimo mišljenja nekoliko nastavnika PMF-a te nekoliko nastavnika FER-a. Želimo istaknuti da smo zatražili mišljenja samo onih koji su sudjelovali u nastavi na oba fakulteta. Zamolili smo svakog od njih da tekst sadrži prvo osnovne podatke o nastavniku (matična ustanova zaposlenja i broj godina zaposlenja), zatim da budu navedeni podaci o kolegijima računarskog sadržaja koje je predavao na matičnoj te na drugoj ustanovi. Zatim, zamolili smo ih da prije svega istaknu svoja osobna iskustva na oba fakulteta. Prvo slijede mišljenja tri nastavnika PMF-a, a onda su navedena mišljenja njih četvero s FER-a.

Prof. dr. sc. Mladen Vuković. Zaposlen sam već nešto više od 35 godina na Matematičkom odsjeku PMF-a. Područje mog znanstvenog interesa je matematička logika koja je čvrsto povezana s teorijskim računarstvom.

Držao sam, i još uvijek držim, nastavu iz nekoliko kolegija na diplomskom studiju računarstva na PMF-u. Navodim nazive nekih od tih kolegija: *Matematička logika*, *Izračunljivost* i *Složenost algoritama*. Želio bih istaknuti da mi je prije nekoliko godina u izvođenju nastave iz kolegija *Matematička logika u računarstvu* na PMF-u pomagao profesor Jan Šnajder s FER-a. Prvo sam studentima PMF-a ispredavao teorijske osnove, a nakon toga su oni odlazili na FER kako bi ih profesor Šnajder na računalima uveo u osnove logičkog i funkcijskog programiranja. Slično, u kolegiju *Formalne metode računarstva* studentima PMF-a sam ispredavao opet teorijske osnove, a onda su oni kod profesora Alana Jovića s FER-a na računalima učili na konkretnim primjerima formalnu verifikaciju programa u Javi.

Zadnjih petnaestak godina predavao sam na FER-u izborni kolegij *Matematička logika i izračunljivost*, a prije toga četiri godine kolegije *Matematika 1* i *2*. Svi studenti FER-a kojima sam bio mentor⁷ bili su izvrsni te su vrlo rado prihvaćali moje sugestije da upišu i polože neke kolegije na PMF-u kako bi nadopunili svoje znanje. Svaki od njih sigurno bi bio i izvrstan student na PMF-u. Studentima PMF-a sam također često preporučivao da upišu pojedine kolegije na FER-u kako bi nadopunili svoje znanje.

Osnovna razlika u sadržajima kolegija koje sam predavao na PMF-u i FER-u je “dubina” izlaganja. Budući da se radi o kolegijima teorijskog sadržaja, na PMF-u predajem tako da gotovo za sve dajem detaljna objašnjenja (točnije: dokazujem tvrdnje). Na FER-u sam većinu gradiva predavao na informativnom nivou, tj. bez dokazivanja. To, naravno, ima i za posljedicu razliku u vrsti zadataka na pismenim ispitima na FER-u odnosno PMF-u.

Prije desetak godina u sklopu Inženjerske sekcije Hrvatskog matematičkog društva održao sam predavanje pod naslovom “Zajednički studij računarstva PMF-a i FER-a?”. Mislim da bi to bio jedini pravi odgovor na pitanje o razlikama studija računarstva dvaju fakulteta. Na kraju ću samo spomenuti da je Sveučilište u Ljubljani prije petnaestak godina pokrenulo takav studij.

Akademik Andrej Dujella. Na Matematičkom odsjeku PMF-a zaposlen sam 32 godine. Područje mog znanstvenog interesa je teorija brojeva, a moje veze sa studijem računarstva dolaze prvenstveno preko primjena teorije brojeva u kriptografiji.

Na diplomskom studiju računarstva na PMF-u od osnutka tog studija držim nastavu iz obaveznog kolegija *Kriptografija i sigurnost mreža*. Zatim, zadnjih desetak godina držim

⁷ Na mrežnoj adresi <https://www.pmf.unizg.hr/math/djelatnici/vukovic/teaching/diplomski> nalazi se popis diplomskih radova za koje sam bio mentor. Na popisu su i tri diplomatska rada studenta FER-a.

nastavu izbornog kolegija *Eliptičke krivulje u kriptografiji*, a prije dvije godine uveo sam još jedan izborni kolegij pod nazivom *Algoritmi u teoriji brojeva*.

Prije petnaestak godina na FER-u sam držao nastavu iz kolegija *Diskretna matematika* koji je tada bio izborni kolegij na svim smjerovima diplomskih studija. Sadržaj kolegija je bio elementarna teorija brojeva (djeljivost, kongruencije, kvadratni ostaci, diofantske jednačbe, osnovni algoritmi iz teorije brojeva), algebarske strukture (polugrupe i grupe, prsteni i polja, konačna polja) i kriptografija (osnovni kriptografski pojmovi, DES i AES, ideja javnog ključa, kriptosustavi zasnovani na problemu faktorizacije, kriptanaliza RSA kriptosustava, ostali kriptosustavi s javnim ključem). Prve godine kolegij je upisalo 155 studenata, a druge njih čak 285.

Moja iskustva sa studentima FER-a su bila vrlo dobra. Bilo mi je zadovoljstvo držati nastavu. Skoro sve pauze između satova predavanja bih proveo u predavaonici odgovarajući na pitanja studenata koja su često bila vezana uz moguću primjenu gradiva naučenog na ovom kolegiju na projektima na kojima su studenti radili ili planirali raditi.

Osim ovih predavanja, nisam bio dodatno uključen u studij računarstva na FER-u, pa se ne osjećam pozvanim uspoređivati detaljnije studije računarstva na PMF-u i FER-u.

Prof. dr. sc. Robert Manger. Veći dio svog radnog vijeka proveo sam na Matematičkom odsjeku PMF-a gdje sam i sada zaposlen. Prije zaposlenja na PMF-u radio sam u Elektrotehničkom institutu Rade Končara te u Zagrebačkoj banci. Imam nešto više od 40 godina radnog staža.

Na PMF-u trenutno predajem četiri računarstva kolegija: *Strukture podataka i algoritmi*, *Baze podataka*, *Softversko inženjerstvo* i *Distribuirani procesi*. Prijašnjih godina predavao sam i: *Mreže računala*, *Osnove algoritama* te nekoliko varijanti *Računarskog praktikuma*.

Tri sam godine na FER-u držao nastavu iz dva kolegija: *Programiranje i programsko inženjerstvo* i *Algoritmi i strukture podataka*. Radi se o kolegijima koji su se tada predavali svim studentima na prvoj godini prijediplomskih studija na FER-u (ne samo onima koji su odabrali računarstvo, nego i onima koji su odabrali elektrotehniku). Oba kolegija predavala su se u nekoliko grupa. Svaka od njih imala je svog predavača i bio sam jedan od njih.

Na temelju svog iskustva u nastavi na FER-u uočio sam neke razlike u ponašanju studenata FER-a u odnosu onih na PMF-u. Tada su gotovo svi studenti FER-a dolazili na nastavu opremljeni prijenosnim računalima te ih koristili tijekom nastave. Studenti PMF-a tada nisu imali takav običaj. Danas se ta razlika vjerojatno ublažila budući da svi dolaze na nastavu s mobitelima. Zatim, primijetio sam da studenti FER-a, u odnosu na one s PMF-MO-a, teže prihvaćaju matematičke formalizme unutar računarstva. Više studenata FER-a nije vidjelo potrebu da se neke činjenice, kao primjerice korektnost algoritama, strogo matematički dokazuju. S druge strane, studenti PMF-a koji put previše robuju strogim definicijama i deduktivnom načinu razmišljanja.

Moje mišljenje je da između studija računarstva na FER-u i PMF-u postoje uočljive razlike. Studij na FER-u više se oslanja na tehnologiju i vještinu. Studij na PMF-u stavlja naglasak na teorijske odnosno matematičke temelje računarstva. Kao posljedica, studenti FER-a se nakon studija brže uklapaju u radne procese na svojem radnom mjestu. S druge strane, studenti PMF-a zahtijevaju dulje vrijeme prilagodbe kad počnu raditi, ali su puno fleksibilniji kasnijih godina kad dođe do bitnijih promjena paradigmi. Vjerujem da i jedni i drugi imaju svoje mjesto u ICT-industriji te da najbolje funkcioniraju zajedno u timu kad njihovi, donekle različiti, pristupi stvaraju sinergijski efekt.

Moje mišljenje je također da se razlike između studija računarstva na FER-u i PMF-u s vremenom sve više smanjuju. Naime, FER poklanja sve više pažnje teoriji. U isto vrijeme,

Matematički odsjek PMF-a nastoji uvesti u svoj studij sve veći broj tehnološki orijentiranih kolegija, često angažirajući vanejske suradnike iz industrije.

Doc. dr. sc. Leonardo Jelenković. Na FER-u radim od 1997. godine. Područje mog znanstvenog interesa su operacijski sustavi, sustavi za rad u stvarnom vremenu i ugrađeni sustavi. Na FER-u držim nastavu iz kolegija: *Operacijski sustavi*, *Napredni operacijski sustavi*, *Sustavi za rad u stvarnom vremenu*, *Operacijski sustavi za ugrađena računala*, *Algoritmi za ugrađene računalne sustave* i *Procesi u računalnim sustavima*. Na PMF-u već dvadesetak godina sudjelujem u izvođenju nastave iz kolegija *Operacijski sustavi*.

Po mom skromnom mišljenju studenti FER-a, za razliku od onih s PMF-a, na studiju slušaju više o samom sklopovlju i operacijskim sustavima te kako program zaista radi na procesoru i slično. Iz tog razloga mogu reći da je studij računarstva na FER-u stoga malo više “inženjerski” nastojen u odnosu na studij računarstva na PMF-u. Iz mog dugogodišnjeg iskustva usuđujem se reći da su najbolji studenti na PMF-u barem istih sposobnosti kao i najbolji studenti na FER-u. Ostali studenti PMF-a koji slušaju moj predmet imaju na njemu malo više problema nego studenti FER-a, ali čini mi se da se to često može pripisati različitim predznanjima programiranja na “nižoj razini” koja su ovdje potrebna.

Dr. sc. Adrian Satja Kurdiya. Radim više od šest godina kao asistent na FER-u, gdje sam i doktorirao. Prethodno sam bio završio diplomski studij Računarstvo i matematika na PMF-u. Na FER-u držim nastavu iz kolegija: *Uvod u teoriju računarstva*, *Prevođenje programskih jezika* i *Analiza velikih skupova podataka*.

Moje iskustvo studija na PMF-u (prije desetak godina) bilo je jako pozitivno. Gotovo svim nastavnim sadržajima se pristupalo sustavno i dubinski. Vrlo često se stavlja veliki naglasak na teorijske dijelove. To mi je, kao “matematičaru u duži”, tada odgovaralo. Ipak, mogu reći da je sigurno bilo studenata koji bi rado izbacili veći dio teorijskog dijela nastave. Količina praktičnog rada varirala je od predmeta do predmeta. Izbor predmeta bio je nešto manji nego na FER-u; neki studenti PMF-a bili su upisivali na FER-u predmet Java.

Po mom mišljenju, sada i na FER-u ima dovoljno teorije, ali čini mi se da je i dalje glavni naglasak na praktičnim zadacima. Redovite laboratorijske vježbe na FER-u (domaće zadatke koje pregledavaju asistenti uz mogućnost ispitivanja) nužne su za polaganje predmeta, a često nisu sasvim jednostavne i njihovim rješavanjem studenti mogu dobiti značajnu količinu programerske prakse za koju imam dojam da je u zbroju nešto veća od one koju smo dobili kao studenti PMF-a.

Veliki broj studenata na FER-u (preko 500) na nekim predmetima otežava nam individualni pristup pa se gubi dio “topline” koju sam osjećao na PMF-u gdje je sustav bio značajno manji. Ondje smo se manje-više svi u generaciji iz istog smjera poznavali, barem iz viđenja, što je na FER-u potpuno nemoguće. Gruba, subjektivna usporedba za kraj: PMF je sadržajno elegantniji, a FER praktičniji.

Izv. prof. dr. sc. Boris Milašinović. Na FER-u sam zaposlen 21 godinu, pri čemu sudjelujem ili sam sudjelovao u izvođenju temeljnih računarskih kolegija kao što su *Uvod u programiranje*, *Algoritmi i strukture podataka*, *Objektno orijentirano programiranje*. Zatim na FER-u sam držao nastavu iz kolegija vezanih za razvoj softvera: *Razvoj primijenjene programske potpore*, *Napredni razvoj programske potpore za web* i *Razvoj informacijskih sustava*.

Diplomirao sam na PMF-u 2001. godine na studiju računarstva. Odmah nakon diplome zaposlio sam se na PMF-u kao asistent te sam sudjelovao u izvođenju nastave iz kolegija: *Uvod u računarstvo*, *Programiranje (C)* i *Operacijski sustavi*.

Moj dojam za vrijeme studija i neposredno nakon diplomiranja je bio da su studij računarstva na PMF-u i FER-u u suštini jako slični i da neke velike razlike u fundamentalnim znanjima na duži rok zapravo i nema, ali da je student FER-a kratkoročno bio na dobiti jer je imao bolji uvid u aktualne tehnologije i više praktičnih zadataka, što je mogla biti potencijalna prednost na tržištu rada. Prednost studenata PMF-a je bio znatno manje krut pristup pravilima studiranja, manja masovnost i manji stres uzrokovan nesmiljenim ritmom domaćih zadaća i laboratorijskih vježbi na FER-u.

Pratimo li danas studentske programe, opet se može uočiti sličnost u onom temeljnom dijelu, pa bi se opet mogli izvući slični zaključci. Ipak, u proteklom periodu, FER je kroz veliki broj znanstvenih projekata, ali i suradnjom s privredom (što nije karakteristično za PMF) izgradio brend i znatno povećao broj nastavnika, što uzrokuje i povratnu vezu oko širine istraživanja i povećanja broja izbornih predmeta.

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Šikić. Zadnjih skoro petnaestak godina zaposlen sam na FER-u. Od 1993. do 2009. godine bio sam zaposlenik PMF-a. Područje mog znanstvenog interesa je algebra. Neću vam ništa govoriti o računarskim kolegijima. Zamoljen sam da dam svoje mišljenje o nekim kolegijima matematičkog sadržaja na prvim godinama studija FER-a i Matematičkog odsjeka PMF-a budući da sam sudjelovao u izvođenju nastave takvih kolegija na oba fakulteta.

Za vrijeme zaposlenja na PMF-u držao sam, između ostalog, vježbe i predavanja iz kolegija *Matematička analiza 1 i 2* i to u kontinuitetu više od deset godina. Trenutno na FER-u postoje, također, na prvoj godini studija kolegiji istih naziva te sam bio godinama predavač barem jednoj grupi studenata. Iako se nazivi kolegija u prvim godinama prijediplomskih studija gotovo podudaraju postoje značajne razlike između njih. Navedeni kolegiji su na Matematičkom odsjeku PMF-a strogo matematički fundirani. To znači da se svi pojmovi formalno matematički definiraju, a sve se tvrde do zadnjeg detalja dokazuju. Po mom skromnom mišljenju upravo je to i glavni cilj kolegija iz matematičke analize na PMF-u. Od samog početka studija studenti matematike se trebaju navikavati na matematički formalizam (koji im je nažalost, u tragovima bio prikazan u srednjoj školi) te vježbati osnovni matematički “zanat”, tj. dokazivanje. Na FER-u se u kolegijima posvećenim matematičkoj analizi gotovo sav naglasak daje na savladavanje raznih postupaka, tj. rješavanje zadataka. Može se reći da su to kolegiji tzv. “kalkulus orijentacije”. Istaknimo na kraju jedan ilustrativni primjer. Studenti oba fakulteta trebaju u kolegijima matematičke analize naučiti primjenjivati formulu za derivaciju produkta funkcija. No, studenti PMF-a trebaju obavezno znati dokazati navedenu formulu.

Zaključak

Nadamo se da smo vam barem malo uspjeli približiti sličnosti i razlike studija računarstva na FER-u i PMF-u. Bilo bi nam jako drago ako ovaj tekst pomogne nekom srednjoškolu prilikom izbora studija. Na kraju ćemo naglasiti rečenicu koja se može iščitati između redaka svih mišljenja studenata i profesora. Ona glasi: “Izborom studija računarstva na FER-u ili PMF-u niste pogriješili jer su oba izvrsna.”

Možda vam i neka pomoć može biti članak A. Novaka i M. Vukovića pod naslovom *Studij matematike u Zagrebu* koji je objavljen u Matematičko-fizičkom listu 2010. godine, a dostupan je na mrežnoj adresi:

www.pmf.unizg.hr/_download/repository/2010-MFL-Studij-matematike.pdf

Preporučujemo vam i zanimljivi članak Tvrtka Tadića pod naslovom *Najbolji maturanti iz matematike: Gdje studiraju i što rade nakon mature?* koji je objavljen u stručno-metodičkom matematičkom časopisu *Poučak* u ožujku ove godine. Ovaj tren još nije dostupan na web-u.