

POREĐENJE KARAKTERISTIKA KOLABORACIJE U NASTAVI I NAUCI U OBLASTI RAČUNARSTVA NA ELEKTROTEHNIČKOM FAKULTETU UNIVERZITETA U BEOGRADU

Dragana Milovančević¹, Marko Mišić², Jelica Protić³

^{1,2,3}Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija
¹dragana.m@etf.bg.ac.rs, ²marko.misic@etf.bg.ac.rs, ³jelica.protic@etf.bg.ac.rs

Kratak sadržaj: U ovom radu je prikazana analiza nastavne i naučne kolaboracije zaposlenih na Katedri za računarsku tehniku i informatiku Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu korišćenjem metoda za analizu socijalnih mreža. Na osnovu podataka iz institucionalne baze izdvojeni su podaci o angažovanju u nastavi i naučnim rezultatima u proteklih pet godina. Nakon pripremne obrade i preliminarne bibliometrijske analize, izvršeno je modelovanje koautorske mreže i mreže angažovanja u nastavi, kako bi se ispitala usaglašenost karakteristika naučne saradnje i angažovanja u nastavi. Na ovaj način je utvrđeno koliko je grupisanje po predmetima u skladu sa povezanošću zaposlenih u naučnoj kolaboraciji. Analiza potvrđuje da je saradnja među zaposlenima, uprkos odsustvu formalne podele katedre na uže naučne jedinice, uglavnom uslovljena srodnošću oblasti kojima se oni bave.

Ključne reči: analiza socijalnih mreža, vizuelizacija, nastava računarstva, naučni radovi

COMPARISON OF THE COLLABORATION IN EDUCATION AND RESEARCH IN THE FIELD OF COMPUTING AT THE UNIVERSITY OF BELGRADE - SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING

Abstract: This paper presents an analysis of the teaching and scientific collaboration of employees at the Department of Computer Engineering and Informatics at the School of Electrical Engineering, University of Belgrade, using social network analysis. Based on the data from the institutional database, teaching engagement data and scientific results have been extracted over the past five years. After the preparatory work and the preliminary bibliometric analysis, the modeling of the co-author network and teaching network was carried out in order to examine the characteristics of scientific cooperation and teaching engagement. In such way, it was determined how teaching collaboration is related to scientific collaboration. The analysis confirms that collaboration between employees, despite the absence of a formal division of the department into narrow scientific units, is largely affected by the courses they are involved in.

Key Words: social network analysis, visualization, computing education, scientific papers

1. UVOD

Elektrotehnički fakultet (ETF) Univerziteta u Beogradu (UB) je nastavna institucija, gde zaposleni nastavnici i saradnici, organizovani po katedrama, učestvuju u nastavi na osnovnim, master i doktorskim akademskim studijama. Takođe, Elektrotehnički fakultet je naučno-istraživačka institucija, i pored obaveza u nastavi, zaposleni imaju obavezu pisanja naučnih publikacija, a naučna produkcija se odvija u okviru većeg broja užih naučnih oblasti. U ovom radu je prikazana uporedna analiza nastavne i naučne saradnje zaposlenih na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na Katedri za računarsku tehniku i informatiku, na osnovu podataka iz institucionalnih baza podataka koji se odnose na angažovanje u nastavi i publikovanje naučnih radova.

Analiziran je plan angažovanja na predmetima zimskog i letnjeg semestra u proteklih pet godina. Poređenje je vršeno sa rezultatima naučne produkcije u vidu radova na domaćim i međunarodnim naučnim konferencijama i časopisima za posmatrani petogodišnji period. Podaci o angažovanju u nastavi i podaci o naučnim radovima dobijeni su izvozom podataka iz odgovarajućih baza fakultetskog informacionog sistema, iz kojih se takođe dinamički preuzimaju podaci o nastavnicima i predmetima, koji su javno dostupni na sajtu fakulteta. Prikupljeni podaci iskorišćeni su za modelovanje socijalne mreže angažovanih u nastavi i koautorske socijalne mreže. Obrada podataka obavljena je korišćenjem MS Excel alata i uz pomoć skripti pisanih na programskom jeziku Python. Uzeti su u obzir zaposleni nastavnici i saradnici angažovani u nastavi na Katedri za računarsku tehniku i informatiku u proteklih pet godina. U radu je prikazana analiza mreža angažovanja u nastavi i koautorske mreže. Za analizu i vizuelizaciju socijalnih mreža korišćen je softverski alat Gephi. Na osnovu mera centralnosti utvrđene su uloge nastavnika i saradnika u koautorskoj mreži i mreži angažovanja u nastavi. Određivanjem osnovnih svojstava mreža ispitano je u kojoj meri je katedra povezana, kao i koje su karakteristike saradnje unutar katedre. Primenom metoda za klasterizaciju utvrđeno je koje zajednice ili naučnoistraživačke grupe se mogu uočiti, kroz saradnju u nastavi i kroz naučne publikacije. Na osnovu broja parova čvorova koji u obe posmatrane mreže pripadaju istom klasteru ispitano je da li grupisanje u koautorskoj mreži odgovara grupisanju na zajedničkim predmetima. Dodatno je ispitano u kojoj meri naučnici iz različitih klastera međusobno sarađuju.

Analiza naučne kolaboracije je sprovedena u nekoliko navrata za fakultete iz Srbije. U okviru [1] je analiziran Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu i njegovih pet departmana. Analiza publikacija zaposlenih na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu je predstavljena u okviru skupa TREND 2018 [2]. Međutim, prema našim saznanjima, do sada nije objavljena uporedna analiza podataka o angažovanju u nastavi i naučnim kolaboracijama na nekom fakultetu.

Rad je podeljen na šest poglavlja. U drugom poglavlju je detaljnije opisano prikupljanje i obrada podataka koji su od interesa za modelovanje mreže. U trećem i četvrtom poglavlju su izložene analiza i vizuelizacija mreže angažovanja u nastavi i koautorske mreže. Peto poglavlje prikazuje rezultate poređenja dve analizirane mreže. Šesto poglavlje je zaključak u kome se navode najznačajniji rezultati i planovi za dalji rad.

2. PRIKUPLJANJE PODATAKA O PUBLIKOVANIM RADOVIMA I NASTAVNOM ANGAŽOVANJU

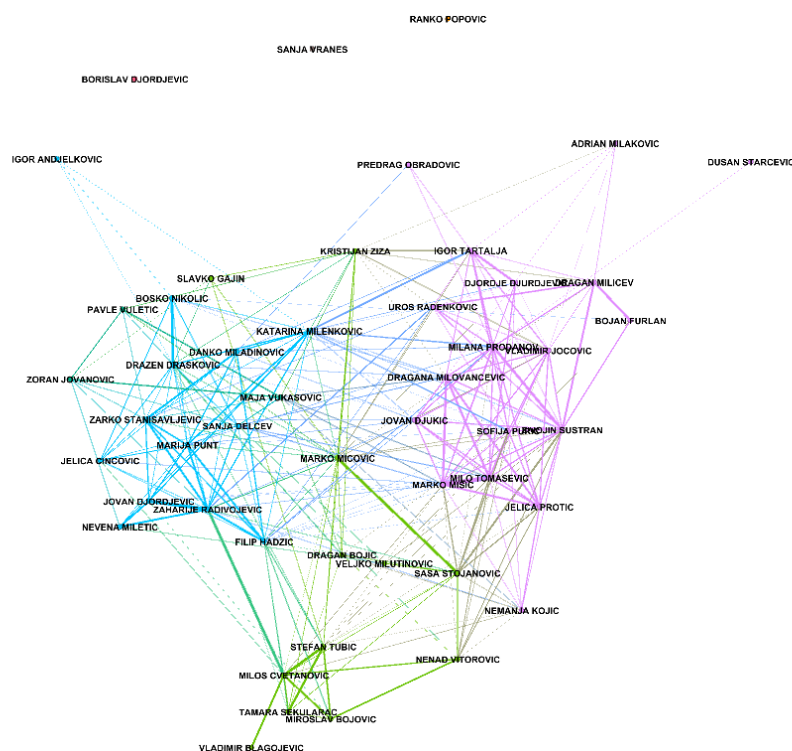
Kako bi bila sprovedena analiza, potrebno je najpre prikupiti informacije o angažovanju u nastavi i publikovanim radovima za željeni petogodišnji period, a zatim ih obraditi u skladu sa ciljevima analize. Podaci za analizu dobijeni su iz baza fakultetskog informacionog sistema. Podaci o nastavnom angažovanju prikupljeni su u formi angažovanja zaposlenih po predmetima, uz podatke o periodu angažovanja. Pošto je plan angažovanja dinamičan – ažurira se svakog semestra, na ovaj način je bilo moguće utvrditi da li postoji istovremeno angažovanje zaposlenih na predmetima. Podaci o naučnim publikacijama ažuriraju se unošenjem naučnih rezultata od strane samih korisnika sistema, kroz odgovarajuće forme. Iako sistem uvodi brojna ograničenja, ovo dovodi do neuniformisanog skupa podataka o radovima i autorima koji u skladu sa mogućnostima treba dodatno prečistiti [4].

Kako su u ovom radu od interesa samo zaposleni koji pripadaju Katedri za računarsku tehniku i informatiku, bilo je neophodno za svakog zaposlenog proveriti da li se nalazi na listi zaposlenih na Katedri. Preliminarna obrada podataka, kojom su odstranjeni suvišni podaci, obavljena je korišćenjem MS Excel alata. Dalja obrada, uključujući uniformisanje prikaza odabranih potrebnih podataka, obavljena je pomoću odgovarajućih skripti pisanih na programskom jeziku Python.

U narednim poglavljima je izloženo modelovanje i analiza mreže angažovanja u nastavi i koautorske mreže, na osnovu ovih podataka. Za analizu i vizuelizaciju korišćen je alat Gephi za analizu socijalnih mreža [4].

3. MODELOVANJE I ANALIZA MREŽE ANGAŽOVANJA U NASTAVI

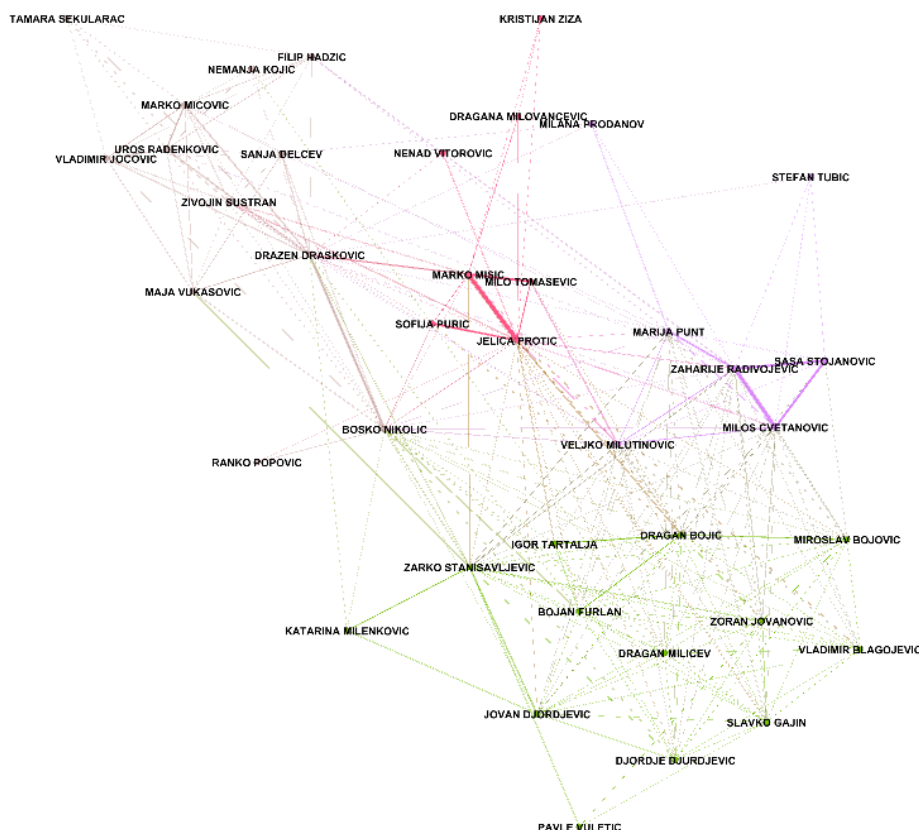
Na osnovu prikupljenih podataka modelovana je socijalna mreža angažovanja zaposlenih u nastavi, koja se dalje analizira na osnovu teorije mreža i metrika karakterističnih za socijalne mreže. Nastavnici i saradnici predstavljaju aktere i modeluju se čvorovima mreže. Grana između zaposlenih postoji ako su angažovani makar na jednom zajedničkom predmetu od ukupno 144 analizirana predmeta Katedre za RTI, pri čemu težinu grane određuje broj zajedničkih predmeta. Kako ova relacija važi u oba smera, mreža je neusmerena. Pregled osnovnih svojstava mreže dat je u Tabeli 1. Vizuelizacija mreže data je na Slici 1.



Slika 1. Prikaz mreže kolaboracije na osnovu rada na zajedničkim predmetima

4. MODELOVANJE I ANALIZA KOAUTORSKE MREŽE

Na osnovu obrađenih podataka o objavljenim radovima modelovana je koautorska mreža, radi dalje analize. Skup čvorova koji modeluju naučnike odgovara čvorovima mreže. Grana između zaposlenih postoji ako su napisali makar jedan rad zajedno, pri čemu težinu grane određuje broj zajedničkih radova. Razmatrani su radovi objavljeni u časopisima, domaćim i stranim konferencijama, u posmatranom periodu. Kako i ova relacija važi u oba smera, radi se takođe o neusmerenoj mreži. Pregled osnovnih svojstava mreže dat je u Tabeli 1. Vizuelizacija mreže data je na Slici 2



Slika 2. Prikaz mreže kolaboracije na osnovu koautorstva na naučnim radovima

5. DISKUSIJA REZULTATA

Na osnovu podataka koji su korišćeni za vizualizaciju mreže na slikama 1 i 2 određeni su i numerički parametri relevantni za mrežnu analizu, a rezultati su prikazani u Tabeli 1. Čvorove obe mreže čine stalno zaposleni i honorarni nastavnici i saradnici koji su bili angažovani na Katedri za RTI tokom petogodišnjeg perioda i kojih ima 49, dok je trenutni broj zaposlenih članova Katedre jednak 35, što govori o fluktuaciji osoblja na Katedri. Ono što treba istaći jeste da su podaci o angažovanju manje podložni greškama, jer je izvor podataka fakultetska baza podataka na osnovu koje se to angažovanje i sprovodi, u smislu pravljenja rasporeda časova, kao i računanja bodova za isplate. Sa druge strane, podatke o naučnim radovima unose sami zaposleni u neregularnim vremenskim intervalima, dok ih honorarni nastavnici uglavnom ni ne unose. Honorarni nastavnici najčešće se pojavljuju kao nepovezani čvorovi, jer se angažuju na doktorskim studijama gde nemaju saradnike (Slika 1), dok se na Slici 2 mogu pojaviti samo ako imaju radove sa nekim od zaposlenih članova Katedre, koji je te zajedničke radove uneo u sistem, što ovde nije slučaj. Ovo objašnjava postojanje više povezanih komponenti unutar katedre: čak 11 u koautorskoj mreži i 4 u mreži angažovanja. Od 4 povezane komponente u mreži angažovanja, 3 predstavljaju pojedinačne čvorove, dok četvrtu čini ostatak zaposlenih (46). Od 11 povezanih komponenti u koautorskoj mreži, 10 predstavljaju pojedinačne čvorove, dok jedanaestu čini ostatak zaposlenih (39). Pored honorarnih nastavnika, pojedinačni čvorovi u mreži angažovanja su novi zaposleni, koji u posmatranom periodu nemaju unete naučne rezultate, a imaju značajno angažovanje u nastavi i pripadaju najvećoj povezanoj komponenti u mreži angažovanja. Zato je broj povezanih komponenti u koautorskoj mreži nešto veći.

Na osnovu broja grana može se zaključiti da je saradnja među zaposlenima izraženija u mreži angažovanja nego u koautorskoj mreži. Kako obe posmatrane mreže imaju isti broj čvorova, ovo rezultuje većim prosečnim stepenom čvora u mreži angažovanja na predmetima. To znači da nastavnici i saradnici sarađuju sa više kolega u nastavi nego u nauci, što može biti posledica većeg broja predmeta sa mnogo vežbi, gde se pojavljuje veći broj saradnika, kao i predmeta prve i druge godine koji imaju veći broj nastavnika i grupa na predmetu.

Manje izraženo koautorstvo sa većim brojem kolega kod naučnih radova može biti povezano i sa specifičnim vrednovanjem naučnih radova na Elektrotehničkom fakultetu, gde rad nosi 2/n bodova kada je broj autora n veći od jedan. Ovaj uticaj ipak nije toliko veliki kada se u obzir uzmu i radovi na konferencijama, gde se ova formula ne primenjuje. Zbog većeg broja grupa, posebno na vežbama, kao i većeg akreditacionog opterećenja saradnika u nastavi i asistenata, oni učestvuju na više predmeta i zauzimaju centralne pozicije u mreži angažovanja. Nastavnici tipično sarađuju sa istim saradnicima na svojim predmetima, što doprinosi manjim vrednostima stepena čvora (maksimalni stepen u mreži angažovanja imaju tri saradnika). Sa druge strane, nastavnici imaju veći naučni opus i dugogodišnje iskustvo u pisanju naučnih radova, pa samim tim i veći stepen čvora i centralne pozicije u koautorskoj mreži. Maksimalan stepen čvora u koautorskoj mreži iznosi 27 i veći je od maksimalnog stepena čvora u mreži angažovanja koji iznosi 21, usled postojanja samo jednog rada sa 20 autora na kome su koautori svi nastavnici na katedri, od kojih su neki takođe koautori drugih radova sa većim brojem saradnika. O različitim ulogama čvorova u dve posmatrane mreže govori i činjenica da jedan profesor koji ima maksimalni stepen u koautorskoj mreži (27) u mreži angažovanja u nastavi ima stepen koji je manji od prosečnog (9). Čvorovi sa višim vrednostima relacije centralnosti i centralnosti po bliskosti u koautorskoj mreži takođe predstavljaju nastavnike, dok su u mreži angažovanja to saradnici.

Pregledom osnovnih svojstava utvrđeno je da je saradnja veća unutar mreže angažovanja na predmetima. Dodatno, primenom metode maksimizacije modularnosti za klasterizaciju mreža koje alat podržava, utvrđeno je koje se zajednice mogu uočiti unutar dve posmatrane mreže. Broj klastera je dvostruko manji u slučaju mreže angažovanja na predmetima, što potvrđuje zaključak dobijen pregledom osnovnih svojstava. Na osnovu podele mreža na klasterne može se utvrditi u kojoj meri grupisanje u koautorskoj mreži odgovara grupisanju na zajedničkim predmetima. Od 1225 parova zaposlenih, 392 para je u jednoj mreži grupisano u okviru istog klastera, a u drugoj pripada različitim klasterima. Preostala 833 para (68%) u obe posmatrane mreže ima isti status – grupisano u okviru istog klastera u obe mreže ili pripada različitim klasterima u obe mreže. Ovo je dobar pokazatelj da podela po predmetima odgovara uočenim kolaboracijama u nauci.

Pored toga što obe mreže karakteriše visok prosečan i maksimalan stepen čvora, izrazito male vrednosti dužina putanja i dijametra za obe mreže govore o dobroj povezanosti katedre i jakoj saradnji između klastera. Ovo pokazuje da je na katedri prisutna dobra naučna i nastavna saradnja.

Tabela 6. Svojstva mreže angažovanja u nastavi i koautorske mreže

	Mreža angažovanja	Koautorska mreža
Broj čvorova	49	49
Broj grana	270	230
Broj povezanih komponenti	4	11
Gustina mreže	0.23	0.196
Dijametar mreže	4	3
Prosečna dužina putanja	1.896	1.798
Prosečan stepen čvora	11.02	9.388
Maksimalan stepen čvora	21	27
Broj klastera	7	14

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada je izvršena analiza i poređenje kolaboracionih, socijalnih mreža nastalih na osnovu podataka o angažovanju nastavnika i saradnika u nastavi na Katedri za računarsku tehniku ETF UB, kao i njihove naučne produkcije. Uočava se da nastavnici i saradnici koji učestvuju u nastavi na zajedničkim predmetima u velikoj meri sarađuju i u nauci. Buduća istraživanja bi svakako trebalo da uključe i zaposlene sa drugih katedri ETF-a, kao i dublju bibliometrijsku analizu, ali i analizu kurseva koje zaposleni drže.

7. LITERATURA

- [1] M. Savić, M. Ivanović, B. Dimić Surla, *Analysis of intra-institutional research collaboration: a case of a Serbian faculty of sciences*, Scientometrics, 110(1), 2017., pp. 195-216.
- [2] D. Milovančević, M. Mišić, J. Protić, *Mrežna analiza naučne kolaboracije zaposlenih na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu na osnovu institucionalne evidencije objavljenih radova*, XXIV Skup TRENDovi RAZVOJA, pp. 238-241, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Kopaonik, Feb, 2018.
- [3] S. Purić, U. Romić, J. Protić, M. Popović, *Mogućnosti i ograničenja izdvajanja liste naučnih radova zaposlenih iz raspoloživih izvora na primeru Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu*, XXI skup Trendovi razvoja, Zlatibor, Srbija, Feb. 2015., pp. 98-102
- [4] M. Bastian, S. Heymann, M. Jacomy, *Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks*, Icwsm 8, 2009., pp. 361-362