

Univerzitet u Beogradu

Elektrotehnički fakultet



Analiza socijalnih mreža

**Analiza naučne produkcije iz oblasti računarstva na
Univerzitetu u Beogradu**

(Projektni zadatak – izveštaj)

Profesori:

dr Jelica Protić

dr Marko Mišić

Student:

Nikola Krivačević 3019/2018

Beograd, jun 2020.

1. Uvod

Ovaj dokument predstavlja izveštaj projektnog, istraživačkog rada na predmetu analiza socijalnih mreža. Cilj projektnog rada jeste bolje razumevanje i izučavanje socijalnih mreža, njihovih metrika kao i interpretinje tih metrika u cilju analizranja svojstva mreža.

U narednim poglavljima ćemo se osvrnuti na postavljen probleme. Takođe ćemo detaljnije izučiti kako te probleme možemo rešiti modeliranjem odgovarajućih socijalnih mreža, koristeći različite tehnologije i alate, kao i izračunavanje i razumevanje raznovrsnih metrika mreža koje su nam od interesa. Pored samog modelovanja i analize mreža, potrebno je izvršiti i prikupljanje, obradu i analizu izvornog skupa podataka, koja će biti osnova za samo modelovanje mreža.

2. Projektni zadatak

Tema projektnog zadatka je kvantitativna i kvalitativna analiza naučne produkcije, koristeći odgovarajuće bibliometrijske i naukometrijske analize, kao i analiza kolaboracione socijalne mreže. Naučna produkcija koja se izučava je iz oblasti računarstva, na Univerzitetu u Beogradu, u okviru tri najvažnija fakulteta, koji su deo univerziteta i koji se bave računarskim naukama.

Cilj je utvrđivanje stanja računarskih nauka na pojedinačnim fakultetima kao i stepen saradnji zaposlenih kako na istom tako i na različitim fakultetima. Analiza se zasniva na radovima objavljenim u časopisima i na radovima sa naučnostručnih konferencija.

Primarni skup podataka za analizu (eng. *primary dataset*) je dobijen prikupljanjem podataka iz indeksne baze naučnih radova Scopus, zaključno sa avgustom 2018. U skupu podataka se nalazi 1290 radova. Te podatke je takođe moguće dobiti i putem Scopus API-ja. Dobijene podatke je potrebno očistiti (eng. *data cleaning*), pošto su nepotpuni ili u neodgovarajućoj formi. Sami podaci se nalaze u .xlsx fajlovima i sadrže sledeće kolone:

- *UB zaposleni* – ime zaposlenog kome je pridružena odgovarajuća publikacija u Scopus bazi
- *Naslov* – naslov publikacije
- *Godina* – godina izdavanja
- *Autori* – autori rada
- *Broj citiranja* – broj citata drugih autora prema Scopus bazi
- *Tip rada* – tip publikacije
- *Cite factor* – CiteScore bibliometrijski faktor
- *SJ/R* – SCImago Journal Rank bibliometrijski faktor
- *SNIP* – Source Normalized Impact per Paper bibliometrijski faktor

- *Ime dokumenta* – ime dokumenta (časopisa ili zbornika radova) u kome je publikacija objavljena

Na osnovu primarnog skupa podataka treba formirati sekundarni skup podataka (eng. *secondary dataset*) koji predstavlja prečišćenu verziju podataka za analizu. Prečišćavanje je izvršeno u skladu sa ciljevima istraživanja. U analizi su od interesa samo publikacije tipa Article, Conference Paper, Article in Press, Review, Book Chapter, dok se ostale mogu zanemariti. Prilikom prečišćavanja izostavljeni su svi nepotrebni podaci.

3. Korišćene metode i alati

Za čišćenje i izdvajanje podataka iz primarnog skupa, korišćen je programski jezik Python. Razni python moduli iz standardne biblioteke kao i 3rd party biblioteke su korišćeni za učitavanje, manipulaciju i eksportovanje podataka u različitim formatima, radi modelovanja socijanih mreža, kako kroz sam programski jezik python, tako i kroz druge alate.

Sama analiza socijalnih mreža je rađena putem python biblioteke NetworkX, kao i putem alata Gephi.

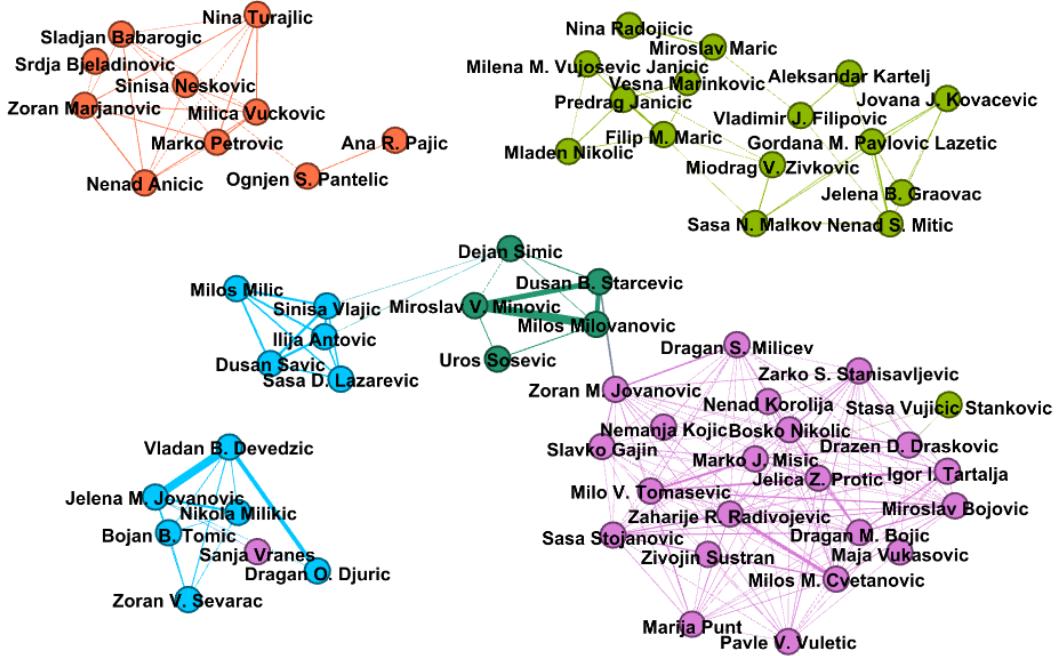
Što se tiče vizuelizacije modelovanih mreža, pokušani su različiti pristupi, ali je najbolje rezultate dao alat Gephi, tako da su sve priložene slike mreža u nastavku teksta generisane uz pomoć tog alata.

4. Modelovanje mreža

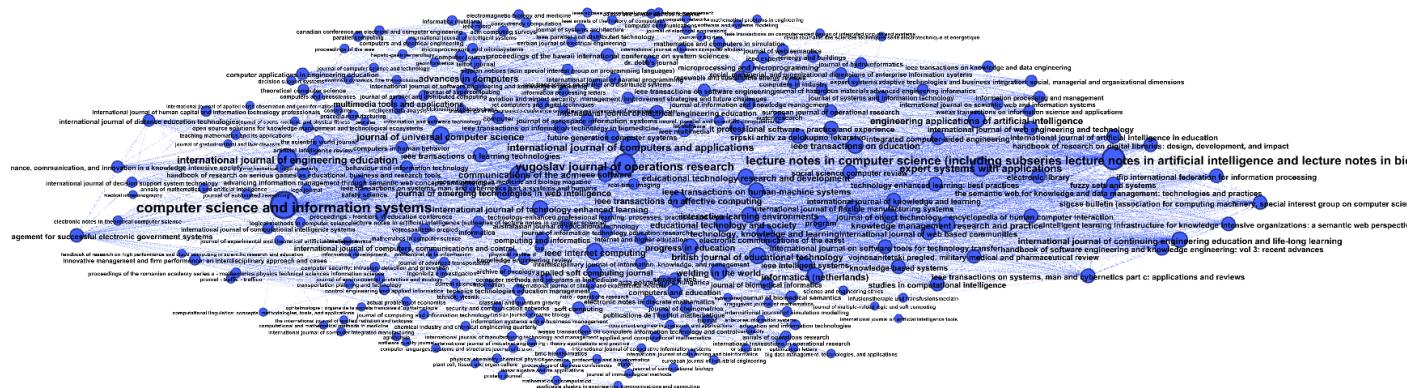
Za potrebe istraživanja naučne produkcije iz oblasti računarstva na Univerzitetu u Beogradu, modelovanje su različite mreže, koje ćemo detaljnije izučavati u nastavku izveštaja, kada budemo bavili analizom konkretnih istraživačkih pitanja.

Dve osnovne socijalne mreže, koje su zahtevane projektnim zadatkom i na kojima se zasniva veći deo analize ovog izveštaja su:

- Mreža koautora (Slika 1.) - predstavljena je neusmerenim, težinskim grafom. Čvorovi ovog grafa predstavljaju sve autore koji su imali bar jednog koautora, u okviru Univerziteta u Beogradu, na nekom od objavljenih radova. Veze između dva čvora postoje ukoliko su ta dva autora zajedno sarađivala na publikovanju bar jednog naučnog rada. Težina veze predstavlja broj saradnji ta dva autora tj. predstavlja informaciju na koliko su različitim radova sarađivali do sada.
- Mreža časopisa (Slika 2.) - predstavljena je neusmerenim, bestežinskim grafom. Čvorovi ovog grafa predstavljaju časopise, dok grane između časopisa označavaju da postoji bar jedan autor koji je objavljivao radove u oba časopisa.



Slika 1. Mreža koautora



Slika 2. Mreža časopisa

5. Istraživačka pitanja

Formulisana istraživačka pitanja se analiziraju u ovom poglavlju pomoću raznih modelovanih mreža. Za traženje odgovora na postavljeno istraživačko pitanje, korišćena je najpogodnija socijalna mreža, kao i same metrike te mreže koje nam daju direktni odgovor na postavljeno pitanje. Pored dve osnovne socijalne mreže, po potrebi, formirane su i nove socijalne mreže.

Za potrebe dobijanja odgovora na izložena pitanja i vizuelizaciju mreža, korišćen je alat Gephi kao i python biblioteka NetworkX (Appendix “NetworkX”).

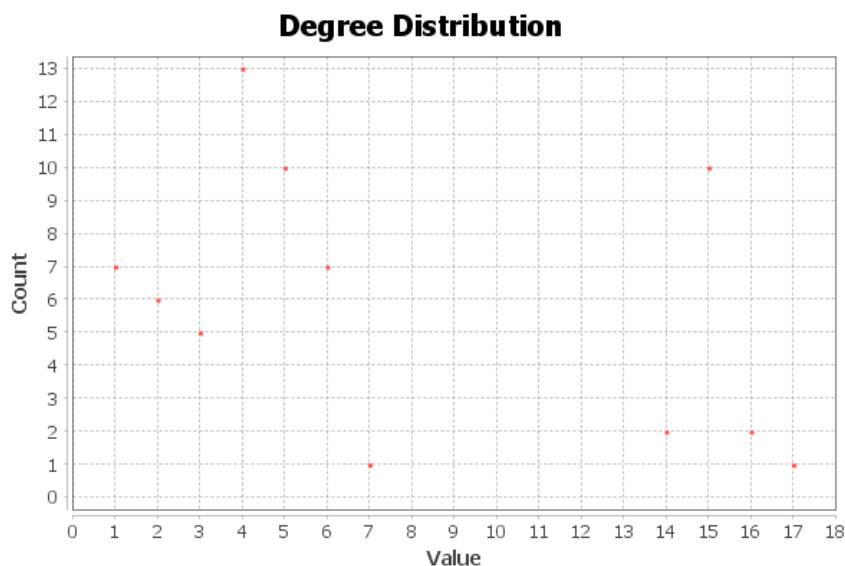
5.1 Koliki je prosečan broj koautora po svakom autoru?

Prosečan broj koautora po svakom autoru možemo definisati kao prosečan stepen čvora u socijalnoj mreži koautora. Korišćena je opcija *Average Degree* unutar Gephi alata, pod tabom *Statistics*. Takođe, dobili smo isti rezultat modelujući mrežu putem python biblioteke NetworkX (Appendix “NetworkX”).

Prosečan broj koautora po svakom autoru – *Average Degree*, je 6,438, tj. približno svaki autor je sarađivao sa 6 koutora (slika 3.).

Results:

Average Degree: 6.438

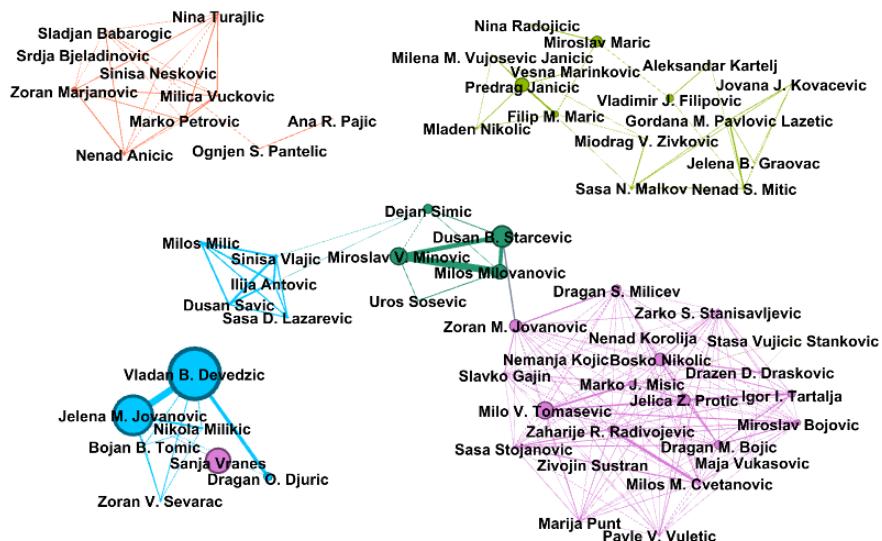


Slika 3. Mreža koautora - distribucija stepena čvorova

5.2 Ko su najproduktivniji naučnici iz oblasti računarstva i kom fakultetu i katedri pripadaju?

Prilikom obrade primarnog seta podataka, korišćene su različite strukture podataka radi formiranja socijalne mreže koautora. U okviru tih struktura podataka, za svakog autora se vodila evidencija o ukupnom broju objavljenih naučnih radova, koji je sačuvan kao atribut samog čvora mreže.

Čvorovima mreže (Slika 4.) je dinamički promenja veličina čvora (radius čvora) radi bolje vizualizacije najproduktivnijih članova akademске zajednice, u oblasti računarstva.



Slika 4. Mreža koautora

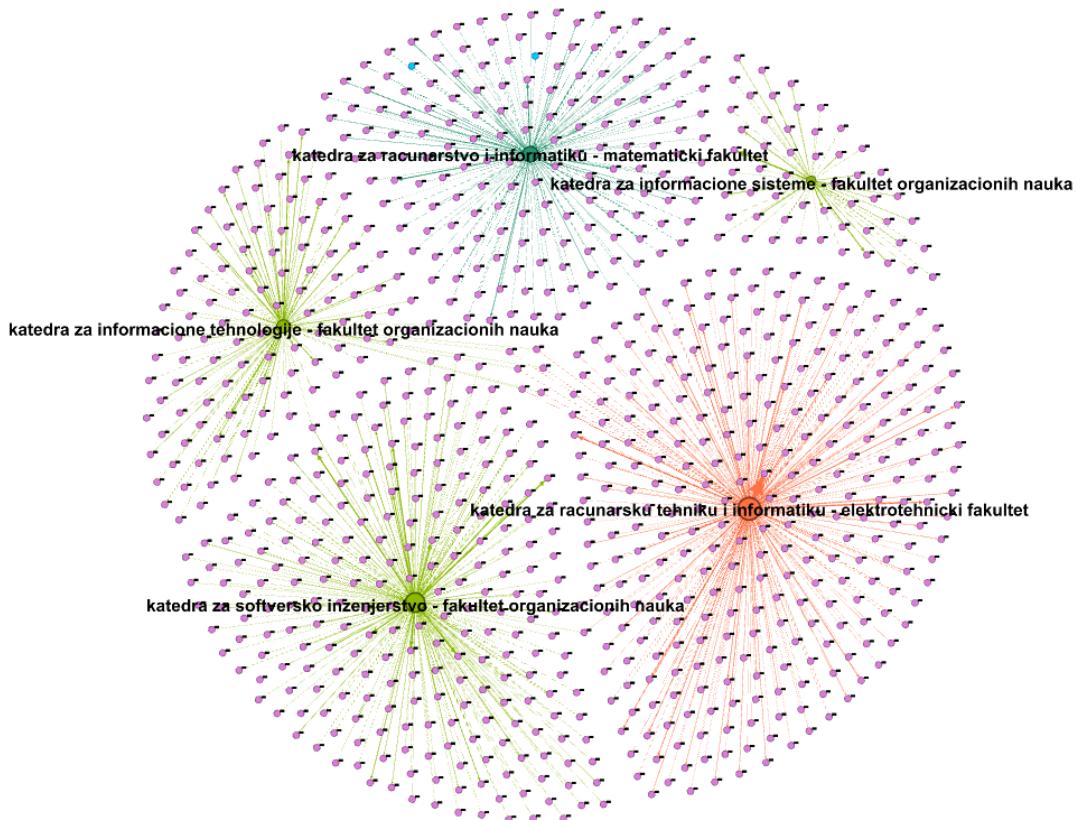
Na Tabeli 1. vidimo i sam broj objavljenih radova za svakog autora (*Data laboratory* u Gephi-ju).

name	number_of_papers	faculty	department	Degree	Weighted Degree
Vladan B. Devedžić	138	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inženjerstvo	5	61.0
Jelena M. Jovanović	106	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inženjerstvo	6	53.0
Sanja Vranes	67	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	1	2.0
Dusan B. Starcević	57	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije	4	52.0
Milo V. Tomasević	46	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	15	38.0
Miroslav V. Minović	46	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije	4	62.0
Milos Milovanovic	39	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije	4	61.0
Predrag Janičić	37	Matematički Fakultet	Katedra Za Računarstvo I Informatiku	4	14.0
Bosko Nikolić	34	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	16	26.0
Zoran M. Jovanović	33	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	15	33.0
Jelica Z. Protić	31	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	15	39.0
Miroslav Maric	29	Matematički Fakultet	Katedra Za Računarstvo I Informatiku	3	7.0
Dejan Simić	25	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije	5	9.0
Dragan M. Bojić	23	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	15	33.0
Dragan O. Đurić	23	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inženjerstvo	2	18.0
Dragan S. Milicev	22	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	15	24.0
Vladimir J. Filipović	21	Matematički Fakultet	Katedra Za Računarstvo I Informatiku	3	5.0
Igor I. Tartača	20	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	14	31.0
Filip M. Maric	16	Matematički Fakultet	Katedra Za Računarstvo I Informatiku	5	13.0
Marko J. Mišić	16	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	6	21.0
Zaharije R. Radivojević	16	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Računarsku Tehniku I Informatiku	15	39.0

Tabela 1. *Data Laboratory* – Autori sortirani po vrednosti atributa “number of papers”

5.3 Koje katedre i fakulteti su najproduktivniji posmatrajući zasebno naučnu produkciju u časopisima i na konferencijama?

Za potrebe vizualizacije, napravljena je dodatna socijalna mreža u vidu usmerenog grafa, od čvorova koji predstavljaju katedre ka radovima koji su pisani od strane naučno-nastavnog osoblja sa tih katedra (Slika 5.). Čvorovi katedre sadrže i informaciju o tome kom fakultetu pripadaju, dok čvorovi koji predstavljaju napisane radove sadrže i informaciju kog tipa je ta publikacija. To nam omogućava u Gephi alatu da filtriramo našu mrežu i prikažemo samo čvorove koji su nama od interesa npr. samo određene tipove rada, da posmatramo zasebno katedre ili posmatramo zasebno fakultete.



Slika 5. Mreža katedri i objavljenih radova.

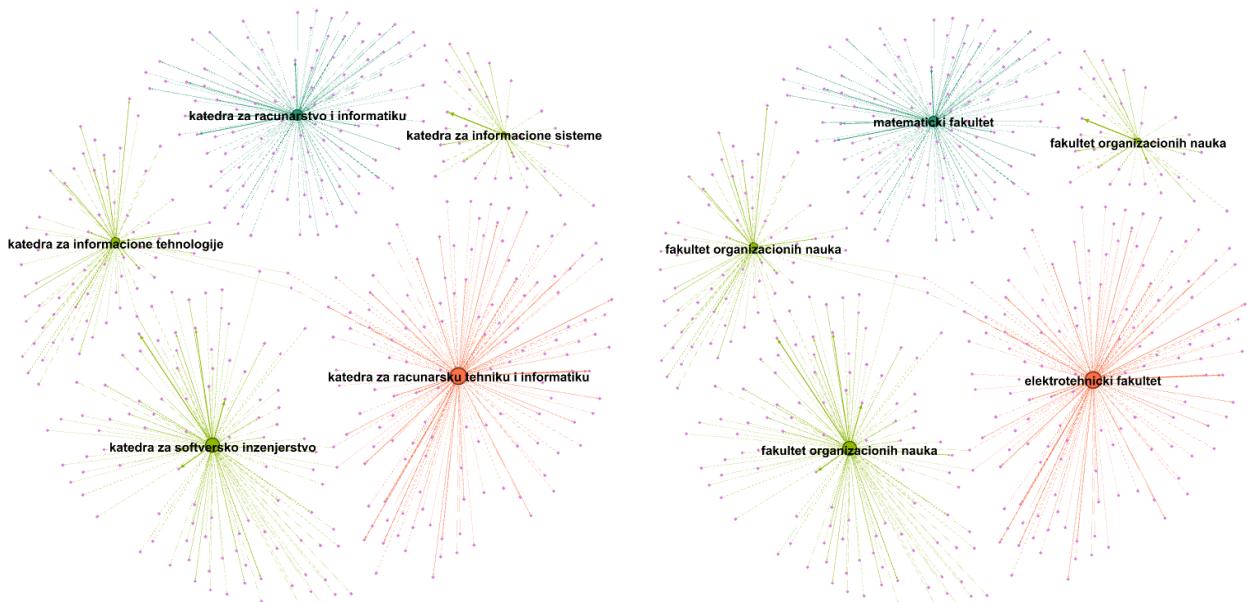
Na osnovu mogućnosti filtriranja naše mreže, od interesa je izučavanje naučne produkcije, zasebno za radove u časopisima (Slika 6., Tabela 2.) i radove na konferencijama (Slika 7., Tabela 3-), posmatrajući odvojeno fakultete i odvojeno katedre. *Out-Degree* čvora koji predstavlja katedru predstavlja broj radova koji je objavljen od strane osoblja sa te katedre.



Slika 6. (a) Mreža katedri i objavljenih radova na konferencijama. (b) Faulteti (kao atribut čvora koji predstavlja katedru) i njihovi radovi objavljeni na konferencijama.

department	faculty	Out-Degree
katedra za racunarstvo i informatiku	matematicki fakultet	51
katedra za racunarsku tehniku i informatiku	elektrotehnicki fakultet	145
katedra za informacione sisteme	fakultet organizacionih nauka	17
katedra za softversko inzenjerstvo	fakultet organizacionih nauka	116
katedra za informacione tehnologije	fakultet organizacionih nauka	42

Tabela 2. Out-Degree čvorova (broj objavljenih radova na konferencijama za katedre i fakultete).



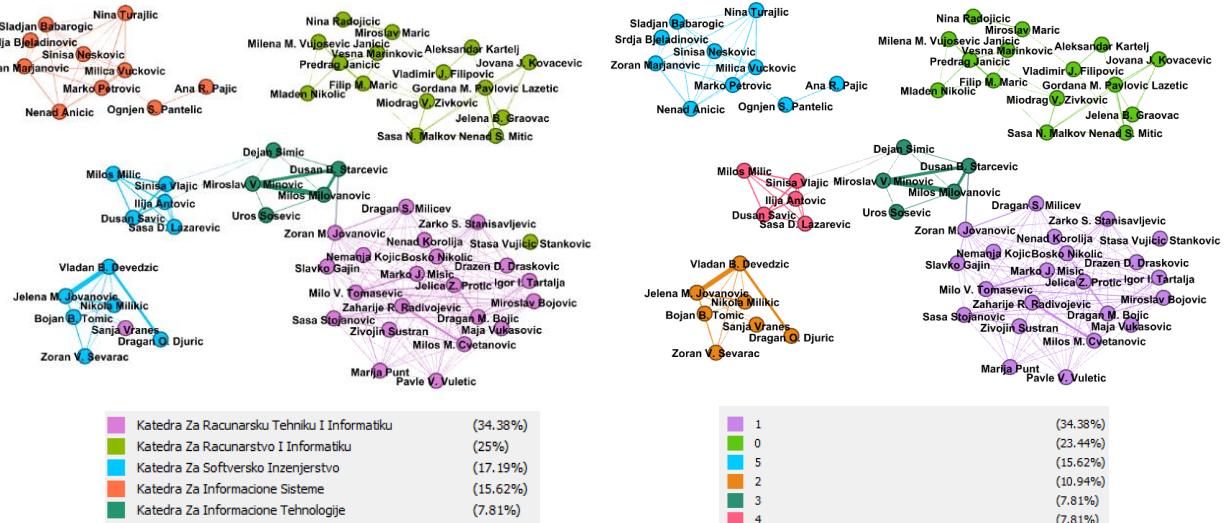
Slika 7. (a) Mreža katedri i objavljenih radova u časopisima. (b) Faulteti (kao atribut čvora koji predstavlja katedru) i njihovi radovi objavljeni u časopisima.

department	faculty	Out-Degree
katedra za racunarsku tehniku i informatiku	elektrotehnicki fakultet	137
katedra za racunarstvo i informatiku	matematicki fakultet	111
katedra za softversko inzenjerstvo	fakultet organizacionih nauka	104
katedra za informacione tehnologije	fakultet organizacionih nauka	70
katedra za informacione sisteme	fakultet organizacionih nauka	35

Tabela 3. Out-Degree čvorova (broj objavljenih radova u časopisima za katedre i fakultete).

U skladu sa prikazanim mrežama i tabelama, možemo zaključiti da je Fakultet organizacionih nauka bio najproduktivniji, kao u oblasti naučnih konferencija, tako i u oblasti radova u časopisima. Ali ako gledamo zasebno svaku katedru, slično kao i za fakultete, najproduktivnija katedra u obe oblasti je Katedra za računarsku tehniku i informatiku.

5.4 Koje zajednice ili naučnoistraživačke grupe se mogu uočiti prilikom analize mreže?



Slika 8. Mreža koautora – katedre

Slika 9. Mreža koautora - komune

Odgovor na ovo pitanje dobijamo otkrivanjem komuna koje postoje u mreži koautora. To je takođe moguće izvesti putem Gephi alata, uz pomoć opcije *Modularity*, pod tabom *Statistics*. Možemo uporediti vizualizaciju katedri (Slika 8.) i vizualizaciju komuna (Slika 9.). Uočavamo 6 zajednica, komuna, koje odgovaraju katadrama sa 3 ranije spomenutih fakulteta.

5.5 U kojoj meri autori imaju tendenciju da pišu publikacije sa istim koautorima?

Radi otkrivanja u kojoj meri autori imaju tendenciju da sarađuju sa istim naučnicima prilikom publikacije radova možemo posmatrati nekoliko metrika za svaki čvor (za svakog autora) u okviru mreže koautora:

- Degree – daje nam broj koautora sa kojima je autor učestvovao u objavljinju radova.

- Weighted Degree – daje nam ukupan broj objavljenih radova u saradnji sa drugim autorima.
- Normalized Degree Cetrality – metrika lokalne centralnosti, koja nam govori istu informaciju kao i sam degree čvora. Razlika je što je vrednost normalizovana brojem čvorova (potencijalnih veza), pa nam omogućava lakše poređenje i sa nekim drugim mrežama. Ima vrednost iz intervala (0,1).
- Normalized Weighted Degree Centrality – metrika lokalne cetralnosti, slično kao i prethodna. Jedina razlika je što u obzir uzima težinu čvora, tako da nakon normalizacije, može da ima vrednost i veću od jedan, u zavistosti od težine čvora.

Pored raznih spomenutih metrika, koje možemo koristiti za izučavanje tendencije autora za sarađivanjem, uvedena je nova metrika – *Collaboration Metric*, koja se dobija kao količnik *Weighted Degreee*-ja i *Degree*-ja. Otkrivana nam prosečan broj radova po autorima sa kojima je sarađivao (Tabela 4.).

$$\text{Collaboration Metric} = \frac{\text{Weighted Degree}}{\text{Degree}}$$

name	faculty	department	Degree	Weighted Degree	NDC	NWDC	CM
Miroslav V. Minovic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije	4	62	0.0625	0.96875	15.5
Milos Milovanovic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije	4	61	0.0625	0.953125	15.25
Dusan B. Starcevic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije	4	52	0.0625	0.8125	13
Vladan B. Devedzic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	5	61	0.078125	0.953125	12.2
Dragan O. Djuric	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	2	18	0.03125	0.28125	9
Jelena M. Jovanovic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	6	53	0.09375	0.828125	8.833333333
Ilija Antovic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	4	32	0.0625	0.5	8
Milos Milic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	4	31	0.0625	0.484375	7.75
Sinisa Vlajic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	5	36	0.078125	0.5625	7.2
Dusan Savic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	5	35	0.078125	0.546875	7
Sasa D. Lazarevic	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo	4	24	0.0625	0.375	6

Tabela 4. Tendencija autora za saradnju sa istim autorima.

5.6 Koji autori predstavljaju centre okupljanja u okviru svojih katedri i fakulteta?

Closeness centrality metrika je korišćenja za otkrivanje informacije o tome koji su autori centri okupljanja, zasebno za fakultete i zasebno za katedre. Razlog za to je što ta metrika predstavlja prosečnu udaljenost posmatrnog čvora od svih ostalih čvorova sa kojima je povezan.

Kod Matematičkog i Elektrotehničkog fakulteta postoji samo po 1 katedra koja se bavi računarstvom, tako da u njihovom slučaju autori koji predstavljaju centre okupljanja na nivou katedri su isti onima koje predstavljaju centre okupljanja i na nivou fakulteta, dok kod Fakulteta organizacionih nauka imamo 3 katedre koje se bave računarstvom, pa će tu postojati centralnost na nivou samog fakulteta, kao i na nivou pojedinačnih katedri.

- Matematički fakultet



Slika 10. Autori sa Matematičkog fakulteta

name	Closeness Centrality	faculty	department
Sasa N. Malkov	0.518519	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Milena M. Vujosevic Janicic	0.518519	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Filip M. Maric	0.482759	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Nenad S. Mitic	0.482759	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Miodrag V. Zivkovic	0.466667	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Miroslav Maric	0.451613	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Gordana M. Pavlovic Lazetic	0.4375	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Jovana J. Kovacevic	0.4375	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Vladimir J. Filipovic	0.4375	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Predrag Janicic	0.424242	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Mladen Nikolic	0.411765	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Aleksandar Kartelj	0.368421	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Jelena B. Graovac	0.318182	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Nina Radojicic	0.318182	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Vesna Marinkovic	0.304348	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Stasa Vujicic Stankovic	0.0	Matematički Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku

Tabela 5. Closeness Centrality za autore sa MATF-a

- Elektrotehnički fakultet

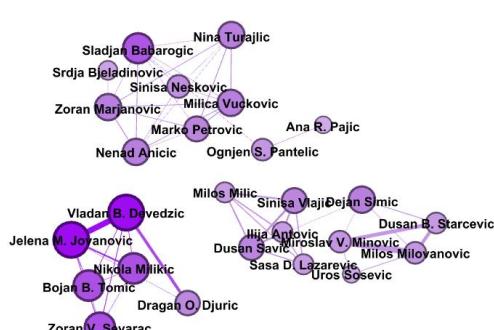


Slika 11. Autori sa Elektrotehničkog fakulteta

name	Closeness Centrality	faculty	department
Zarko S. Stanisavljevic	0.869565	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Sasa Stojanovic	0.833333	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Bosko Nikolic	0.833333	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Zaharije R. Radivojevic	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Miroslav Bojovic	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Dragan M. Bojic	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Milos M. Cvetanovic	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Marja Punt	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Jelica Z. Protic	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Milo V. Tomasevic	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Slavko Gajin	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Dragan S. Milicev	0.8	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Zoran M. Jovanovic	0.769231	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Igor I. Tartalja	0.769231	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Pavle V. Vuletic	0.769231	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Nenad Korolija	0.526316	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Marko J. Misic	0.526316	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Dragan D. Draskovic	0.512821	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Maja Vukasovic	0.5	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Zivojin Sustran	0.465116	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Nemanja Kojic	0.454454	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Sanja Vranes	0.0	Elektrotehnički Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku

Tabela 6. Closeness Centrality za autore sa ETF-a

- Fakultet organizacionih nauka

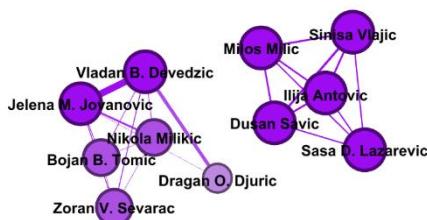


Slika 12. Autori sa Fakulteta Organizacionih nauka

name	Closeness Centrality	faculty	department
Jelena M. Jovanovic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Vladan B. Djedovic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Nikola Milikic	0.833333	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Bojan B. Tomic	0.833333	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Zoran V. Sevarac	0.833333	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Sladjan Babarovic	0.818182	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Dejan Simic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Nenad Anicic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Milica Vuckovic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Nina Turajlic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Zoran Marjanovic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Marko Petrovic	0.642857	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Sinisa Vlajic	0.642857	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Dusan Savic	0.642857	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Dragan O. Djuric	0.625	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Sinisa Neskovic	0.5625	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Ognjen S. Pantelic	0.529412	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Miroslav V. Minovic	0.529412	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Milos Milovanovic	0.529412	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Dusan B. Starcevic	0.5	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Sasa D. Lazarevic	0.473684	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Ilijan Antovic	0.473684	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Milos Milic	0.473684	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Srdja Beljadinovic	0.428571	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Uros Sosevic	0.375	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Ana R. Pajic	0.36	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme

Tabela 7. Closeness Centrality za autore sa FON-a

- FON – Katedra za softversko inženjerstvo



Slika 13. Autori sa FON-SI katedre

name	Closeness Centrality	faculty	department
Sinisa Vlajic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Dusan Savic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Sasa D. Lazarevic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Ilijan Antovic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Milos Milic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Jelena M. Jovanovic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Vladan B. Devedzic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Nikola Milkic	0.833333	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Bojan B. Tomic	0.833333	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Zoran V. Sevarac	0.833333	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Dragan O. Djuric	0.625	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo

Tabela 8. Closeness Centrality za autore sa FON-SI-a

- FON – Katedra za informacione tehnologije

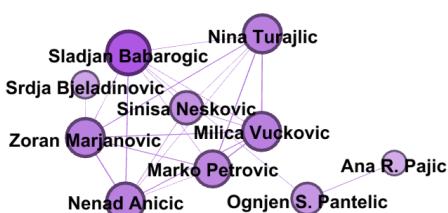


Slika 14. Autori sa FON-IT katedre

name	Closeness Centrality	faculty	department
Uros Sosevic	0.666667	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Dejan Simic	0.8	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Dusan B. Starcevic	0.8	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Miroslav V. Minovic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Milos Milovanovic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Uros Sosevic	1.0	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije

Tabela 9. Closeness Centrality za autore sa FON-IT-a

- FON – Katedra za informacione sisteme



Slika 15. Autori sa FON-IS katedre

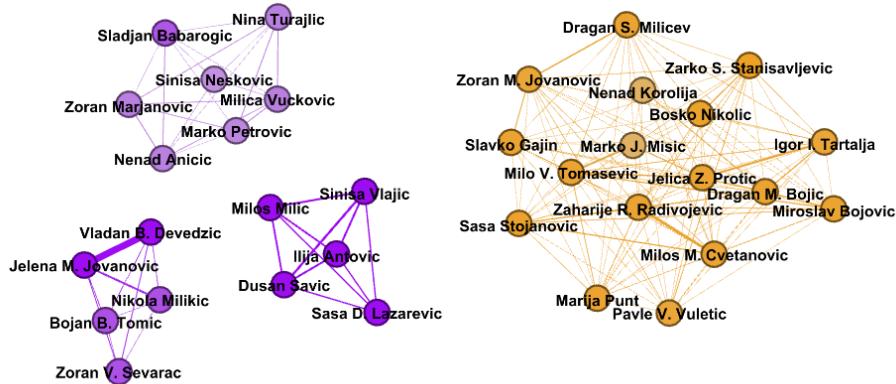
name	Closeness Centrality	faculty	department
Sladjan Babarogic	0.818182	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Nenad Anicic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Milica Vuckovic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Nina Turajlic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Zoran Marjanovic	0.692308	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Marko Petrovic	0.642857	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Sinisa Nesovic	0.5625	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Ognjen S. Pantelic	0.529412	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Srdja Bjeladinovic	0.428571	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Ana R. Pajic	0.36	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme

Tabela 10. Closeness Centrality za autore sa FON-IS-a

5.7 Koji autori predstavljaju jezgro mreže?

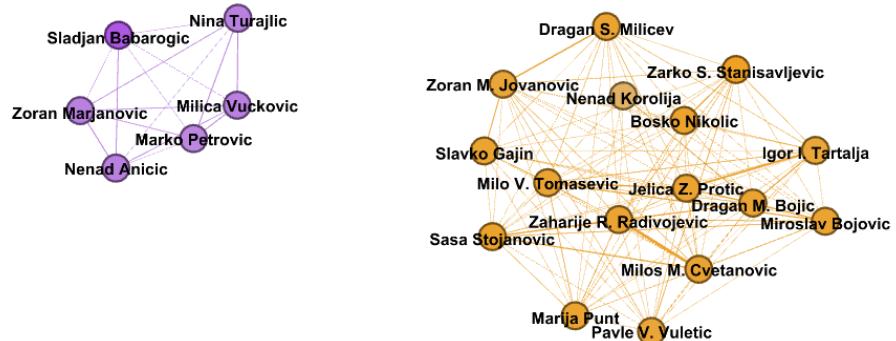
Kako bismo našli autore koji predstavljaju jezgro mreže korišćen je filter *K-Core* iz foldera *Topology* u okviru taba *Filters*, u Gephi alatu. Ovaj filter nudi unos različitih vrednosti parametra *K*, na osnovu koga se mreža filtrira. Sam parametar utiče na izdvajanje svih čvorova koji su stepena većeg ili jednakog od *K*. Za različite vrednosti *K* dobijamo sledeća jezgra mreže:

- K = 4 (Milinalni stepen čvora)



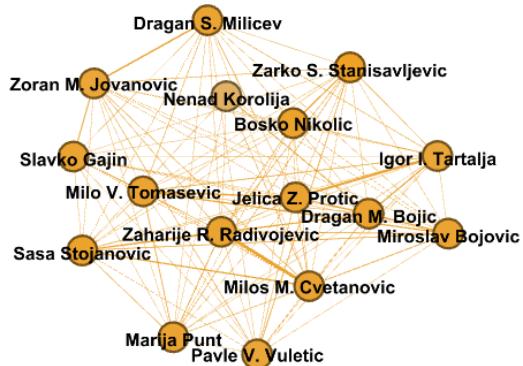
Slika 16. Jezgro mreže, K = 4

- K = 5 (Milinalni stepen čvora)



Slika 17. Jezgro mreže, K = 5

- K = 6 (Milinalni stepen čvora)



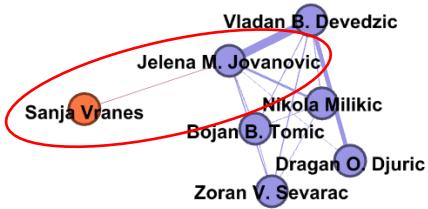
Slika 18. Jezgro mreže, K = 6

5.8 Da li autori sa različitih fakulteta i katedri međusobno sarađuju i u kojoj meri?

Na sledećim slikama mreže koautora, prikazani su čvorovi od interesa (autori koji predstavljaju sponu za saradnju dve različite katedre).



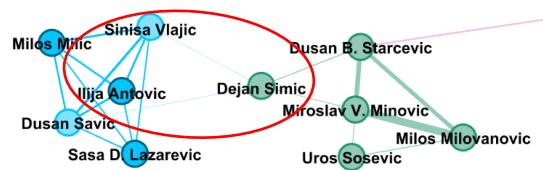
Slika 19. Saradnja MATF-a i FON-a



Slika 20. Saradnja ETF-a i FON-a



Slika 21. Saradnja ETF-a i FON-a



Slika 22. Saradnja FON-SI-a i FON-IT-a

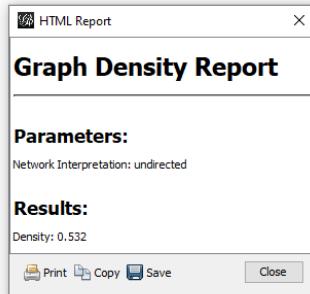
FON i MATF nemaju zajedničke saradnje. ETF i FON ostvaruju najveću saradnju u odnosu na druge saradnje sa fakultetima. Ostvaruju saradnju preko dva para autora i ukupno imaju 9 napisanih radova.

FON ima tri katedre pod svojim krovom. Zanimljivo je uočiti da Katedra za informacione sisteme i Katedra za softversko inženjerstvo nemaju nikakve saradnje. Katedre FON-SI i FON-IT imaju saradnju na dva naučna rada preko Dejana Simića sa katedre FON-SI.

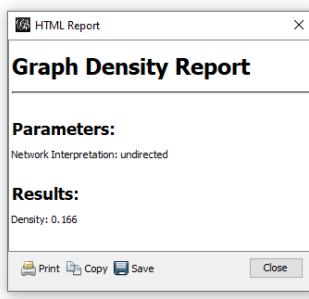
5.9 Kakva je saradnja među autorima sa istog fakulteta?

Računanjem gustine mreže (eng. *Graph Density*) zasebno za svaki fakultet, dobijamo uvid o međusobnoj saradnji autora unutar istog fakulteta.

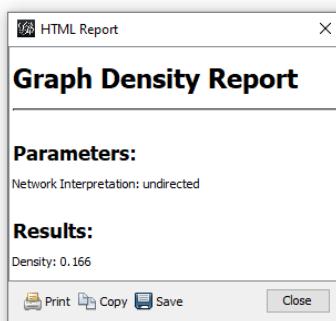
Na sledećim slikama možemo uočiti vrednosti za gustinu faulteta kao i da nabolju saradnju unutar fakulteta ima Elektrotehnički fakultet, sa gustinom mreže od 0.532, što nam govori o izuzetnoj sradnji profesora sa tog fakulteta.



Slika 23. Gustina mreže - ETF



Slika 24. Gustina mreže - FON



Slika 25. Gustina mreže - MATF

5.10 Ko su autori koji povezuju različite grupe u okviru mreže?

Betweenness centrality je metrika koja je proporcionalna broju najkraćih putva između svih parova čvora u mreži na kojima se posmatran čvor nalazi u odnosu na ukupan broj najkraćih puteva. Ona predstavlja dobar indikator o tome koji čvorovi spajaju različite grupe u grafu.

Autori sa većom vrednošću relacione centralnosti se nalaze na većem broju najkraćih putanja, pa na taj način predstavljaju posrednike između ostalih čvorova u mreži. Takvi čvorovi se često nalaze na periferiji grupa unutar mreže. Na slici 26. Možemo videti čvorove sa najvećom vrednošću *Betweenness Centrality*-ja.

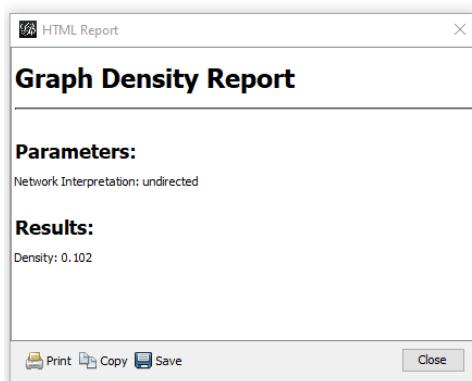
name	Betweenness Centrality	faculty	department
Zoran M. Jovanovic	0.107527	Elektrotehnicki Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Dusan B. Starcevic	0.101382	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Dejan Simic	0.066564	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Dusan Savic	0.020737	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Sinisa Vlajc	0.020737	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Softversko Inzenjerstvo
Zarko S. Stanisavljevic	0.020285	Elektrotehnicki Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Sasa Stojanovic	0.017409	Elektrotehnicki Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Dragan S. Milicev	0.015361	Elektrotehnicki Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Bosko Nikolic	0.01502	Elektrotehnicki Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Sasa N. Malkov	0.014422	Matematicki Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Milena M. Vujosevic Janicic	0.010753	Matematicki Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Miroslav Maric	0.010667	Matematicki Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Marko J. Misic	0.010155	Elektrotehnicki Fakultet	Katedra Za Racunarsku Tehniku I Informatiku
Nenad S. Mitic	0.009814	Matematicki Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Filip M. Maric	0.009387	Matematicki Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku
Sladjan Babarogic	0.007552	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Sisteme
Milos Milovanovic	0.007424	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Miroslav V. Minovic	0.007424	Fakultet Organizacionih Nauka	Katedra Za Informacione Tehnologije
Vladimir J. Filipovic	0.006912	Matematicki Fakultet	Katedra Za Racunarstvo I Informatiku

Slika 26. Betweenness centrality mreže koautora

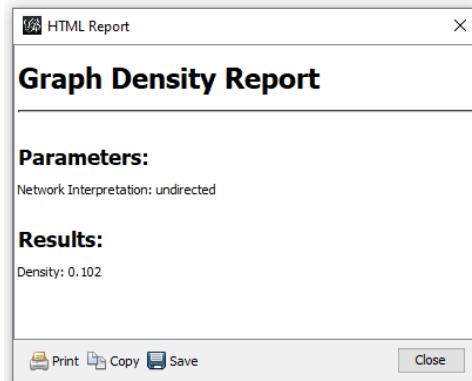
5.11 Kolika je gustina svake od modelovanih mreža?

Gustina mreže govori o tome koliko su njeni čvorovi povezani, odnosno predstavlja meru o kompletnosti mreže. Kompletni graf jeste onaj koji ima sve moguće grane i njegova gustina iznosi 1. Gledajući rezultate (slike 25. i 26.), vidimo da se i mreža koautora i mreža članaka svrstavaju u mreže sa malom gustinom.

Ovi rezultati su dobijeni i kalkulacijom putem biblioteke NetworkX (pogledati Appendix “NetworkX”).



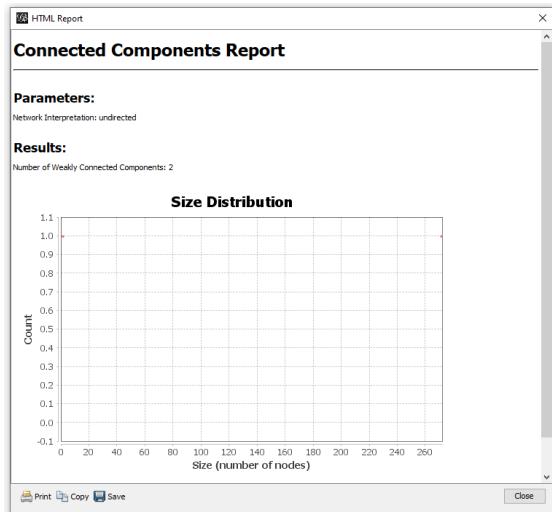
Slika 27. Gustina mreže koautora



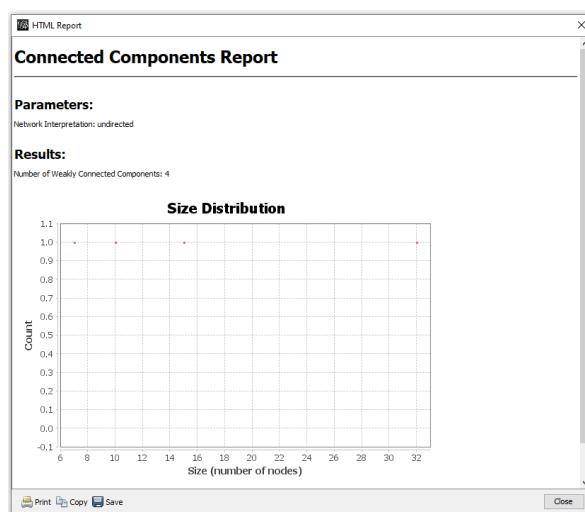
Slika 28. Gustina mreže časopisa

5.12 U kojoj meri su mreže povezane i centralizovane?

Gustina mreže (iz prethodne sekcije) i broj povezanih komponenti nam govori o stepenu povezanosti mreže. Možemo primetiti da je broj povezanih komponenti za mrežu časopisa - 2 (Slika 29.), dok je broj povezanih komponenti za mrežu koautora – 4 (Slika 30.).



Slika 29. Mreža časopisa – Broj povezanih komponenti



Slika 30. Mreža koautora – Broj povezanih komponenti

Što se tiče mera centralnosti, možemo računati različite mere centralnosti za svaki čvor, koristeći kako lokalne, tako i globalne mere centralnosti. Radi poređenja, uzeta je je prosečna vrednost čvorova u mreži za centralnost po stepenu (*Degree centrality*), centralnost po bliskosti (*Closeness centrality*), po relacionoj centralnosti (*Betweenness centrality*) i centralnosti po svojstvenom vektoru (*Eigenvector centrality*). Rezultate možemo videti na slikama 31. i 32. Rezultati su dobijeni putem NetworkX python biblioteke.

```
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.10218253968253968
Network components: 4
Average Degree Centrality: 0.10218253968253957
Average Closeness Centrality: 0.13972510229983423
Average Betweenness Centrality: 0.008408538146441373
Average Eigenvector Centrality: 0.06506605283895829
```

Slika 31. Mreža koautora – Prosečne vrednosti mera centralnosti za čvorove

```
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.10234425873670501
Network components: 2
Average Degree Centrality: 0.10234425873670484
Average Closeness Centrality: 0.4520110713337958
Average Betweenness Centrality: 0.0045487342128323165
Average Eigenvector Centrality: 0.03697459611834517
```

Slika 32. Mreža časopisa – Prosečne vrednosti mera centralnosti za čvorove

Samu mero centralnosti na nivou mreže možemo izračunati koristeći sledeću formulu:

$$C_D(G) = \frac{\sum_{i=1}^{|V|} [C_D(v_*) - C_D(v_i)]}{\sum_{j=1}^{|Y|} [C_D(y_*) - C_D(y_j)]}$$

$G(V, E)$ predstavlja posmatranu mrežu, a $X(Y, Z)$ predstavlja mrežu sa istim brojem čvorova koja ima topologiju zvezde, pri čemu je čvor označen sa * onaj sa najvećim stepenom u mreži.

Veći procenat centralizacije ukazuje na postojanje čvorova koji su u boljoj poziciji u odnosu na druge, pošto ta vrednost predstavlja varijansu već izračunate mere centralnosti u odnosu na mrežu iste veličine koja ima topologiju zvezde.

Za centralnost po stepenu dobijamo sledeće rezultate:

$$C_D(\text{Coauthors}) = 0,173$$

$$C_D(\text{Journals}) = 0,492$$

5.13 Kolike su prosečne distance u okviru modelovanih mreža?

Network Diameter, opcija u okviru tabe *Statistics* u Gephi alatu, računa nam prosečnu distancu između svih parova čvorova u mreži. Takođe, izračunava se i dijameter koji predstavlja najveću distancu između bilo koja dva čvora u mreži (Slika 33. i Slika 34.).

Results:

Diameter: 4
Radius: 0
Average Path length: 2.237255705890392

Slika 33. Mreža časopisa – Prosečna distanca i dijametar

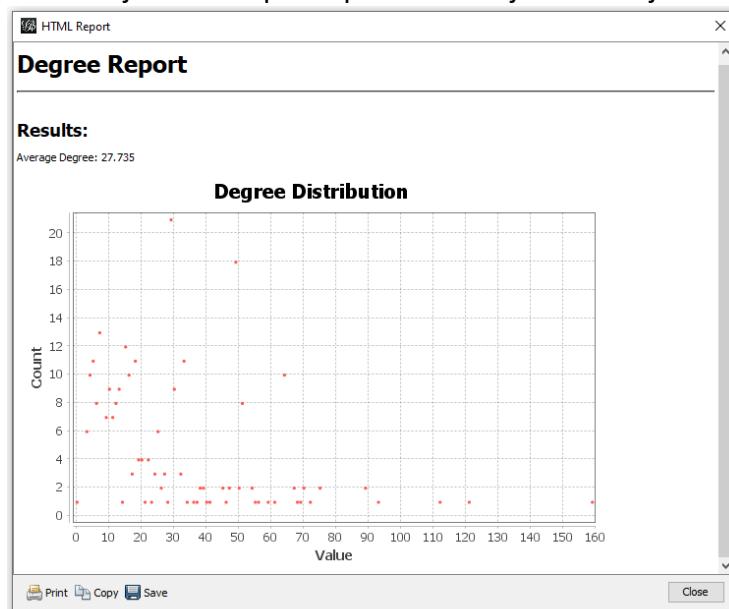
Results:

Diameter: 7
Radius: 1
Average Path length: 2.575712143928036

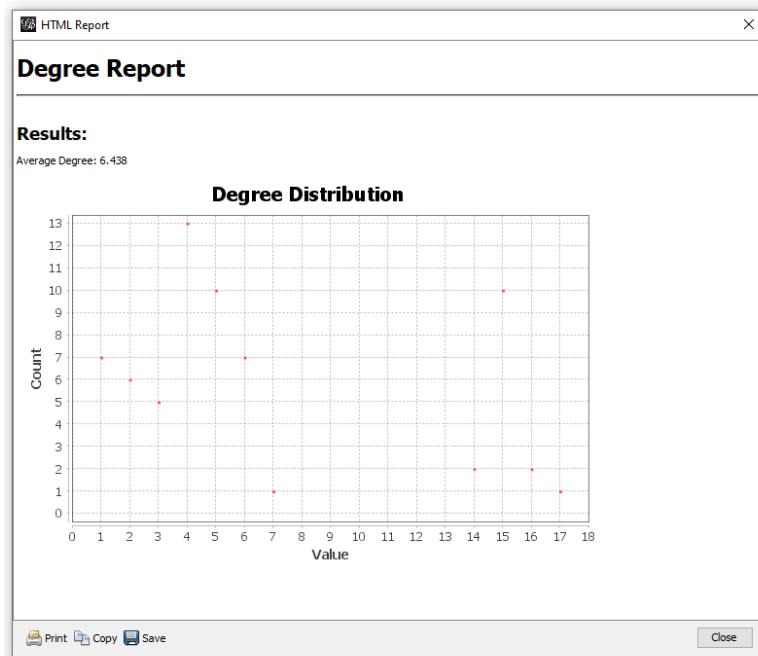
Slika 34. Mreža koautora – Prosečna distanca i dijametar

5.14 Kakva je distribucija čvorova po stepenu i da li prati neku zakonomernost?

Distribucija čvorova po stepenu se dobija korišćenjem *Average degree* metrike.

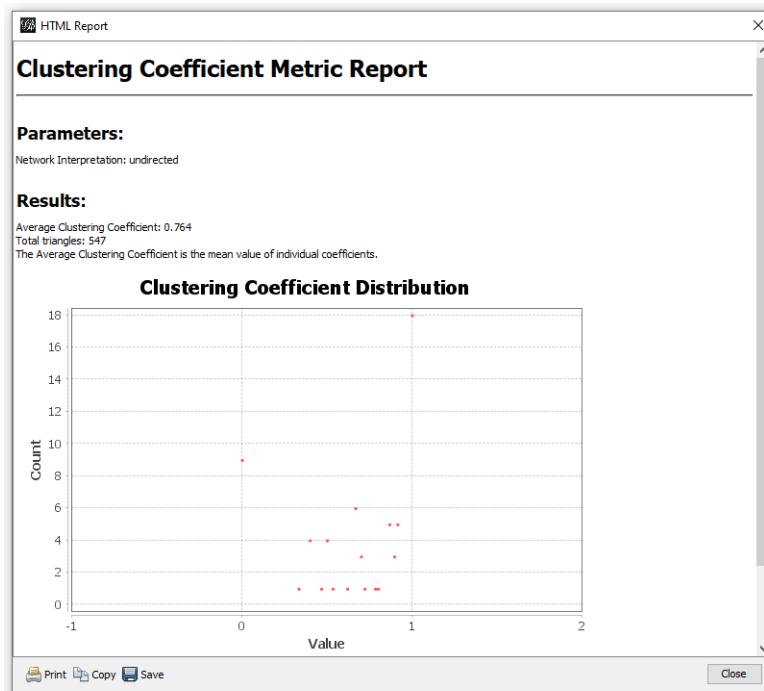


Slika 35. Mreža časopisa – Distribucija čvorova po stepenu i prosečan stepen čvora.



Slika 36. Mreža koutora – Distribucija čvorova po stepenu i prosečan stepen čvora.

5.15 Da li mreža koautora iskazuje osobine malog sveta?



Slika 37. Mreža koutora – Koeficijent klasterizacije

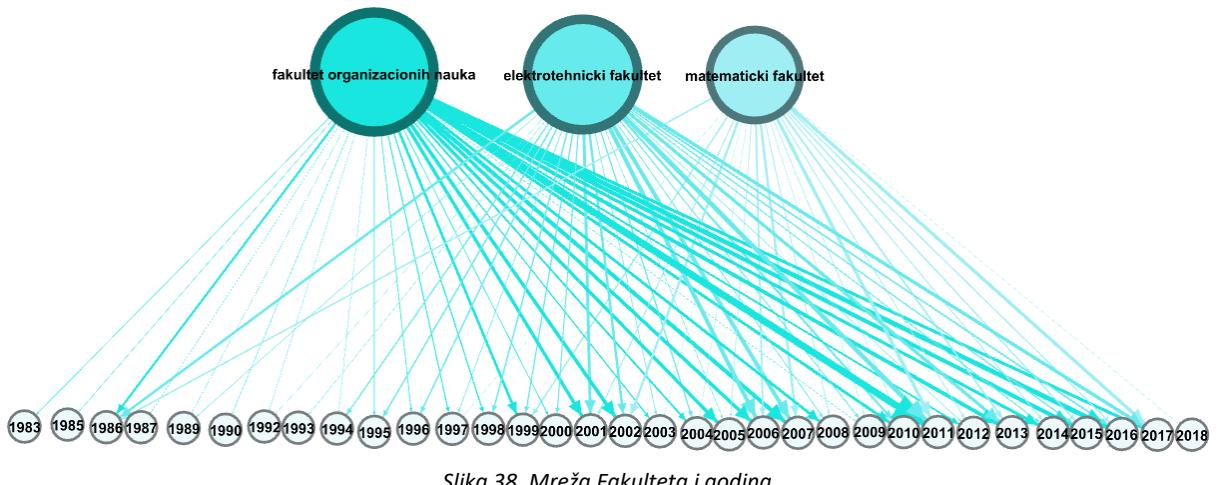
Fenomen malog sveta karakteriše socijalne mreže koje imaju malu prosečnu udaljenost između bilo koja dva čvora mreže (tj. imaju malu vrednost i za *Network diameter*) u odnosu na veličinu mreže, kao i visok stepen klasterizacije.

Average path lenght za mrežu koautora je 2,576 (Slika 34.), dok je koeficijent klasterizacije (Slika 37.) 0,764. To se može protumačiti kao veoma dobrom povezanošću mreže i možemo zaključiti da mreža koautora zadovoljava osobine malog sveta.

5.16 Da li postoje razlike između fakulteta i katedri u smislu obima i učestanosti publikovanja u časopisima i na konferencijama?

Radi dobijanja odgovora na ovo pitanje i bolje vizualizacije, napravili smo dve, nove, težinske, usmerene mreže:

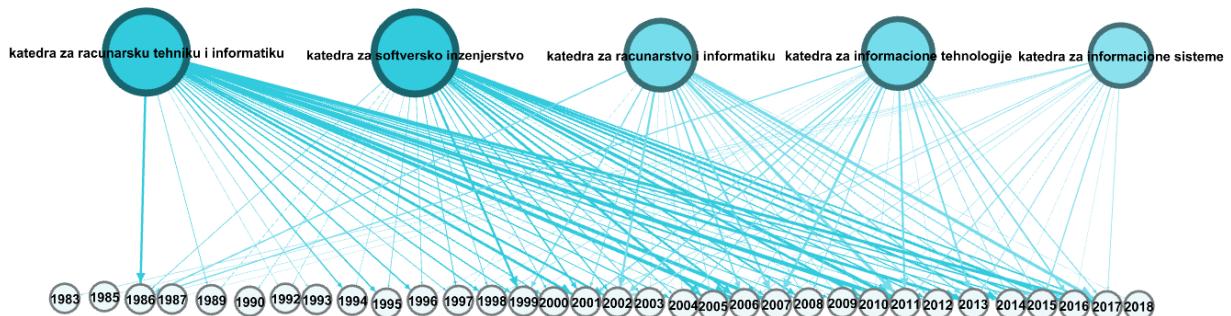
- Prva povezuje fakultete sa godinama (Slika 38. i Tabela 11.). Uslov za postojanje relacije između dva čvora jeste postojanje barem jedne publikacije (bilo u vidu publikovanja u časopisu ili u naučnim konferencijama) od strane osoblja sa tog fakulteta, u toku te kalendarske godine.
- Druga mreža predstavlja slično što i prethodna, samo što umesto fakulteta, povezuje katedre sa godinama, ukoliko je nastavno-naučno osoblje sa te katedre objavilo rad u tokom te godine (Slika 39. i Tabela 12.).



Slika 38. Mreža Fakulteta i godina.

name	node_type	Weighted Out-Deg...	Out-Degree
fakultet organizacionih nauka	faculty	420.0	31
elektrotehnicki fakultet	faculty	302.0	28
matematicki fakultet	faculty	167.0	21

Tabela 11. Broj radova po fakultetima (Weighted Out-Degree) i godine objavljivanja (Out-Degree).



Slika 39. Mreža katedri i godina.

name	node_type	Weighted Out-Degree	Out-Degree
katedra za racunarsku tehniku i informatiku	department	302.0	28
katedra za softversko inzenjerstvo	department	243.0	28
katedra za racunarstvo i informatiku	department	167.0	21
katedra za informacione tehnologije	department	125.0	21
katedra za informacione sisteme	department	53.0	17

Tabela 12. Broj radova po katedrama (Weighted Out-Degree) i godine objavljivanja (Out-Degree).

Možemo primetiti u Tabeli 11. i Tabeli 12. vrednosti za *Weighted Out-Degree* i *Out-Degree*, koje predstavljaju ukupan broj objavljenih radova i broj godina tokom kojih su objavljeni ti radovi, respektivno. Učestanost publikovanja, tj. broj radova koja je objavila svaka katedra/fakultet možemo dobiti kao količnik te dve vrednosti (Tabela 13.)

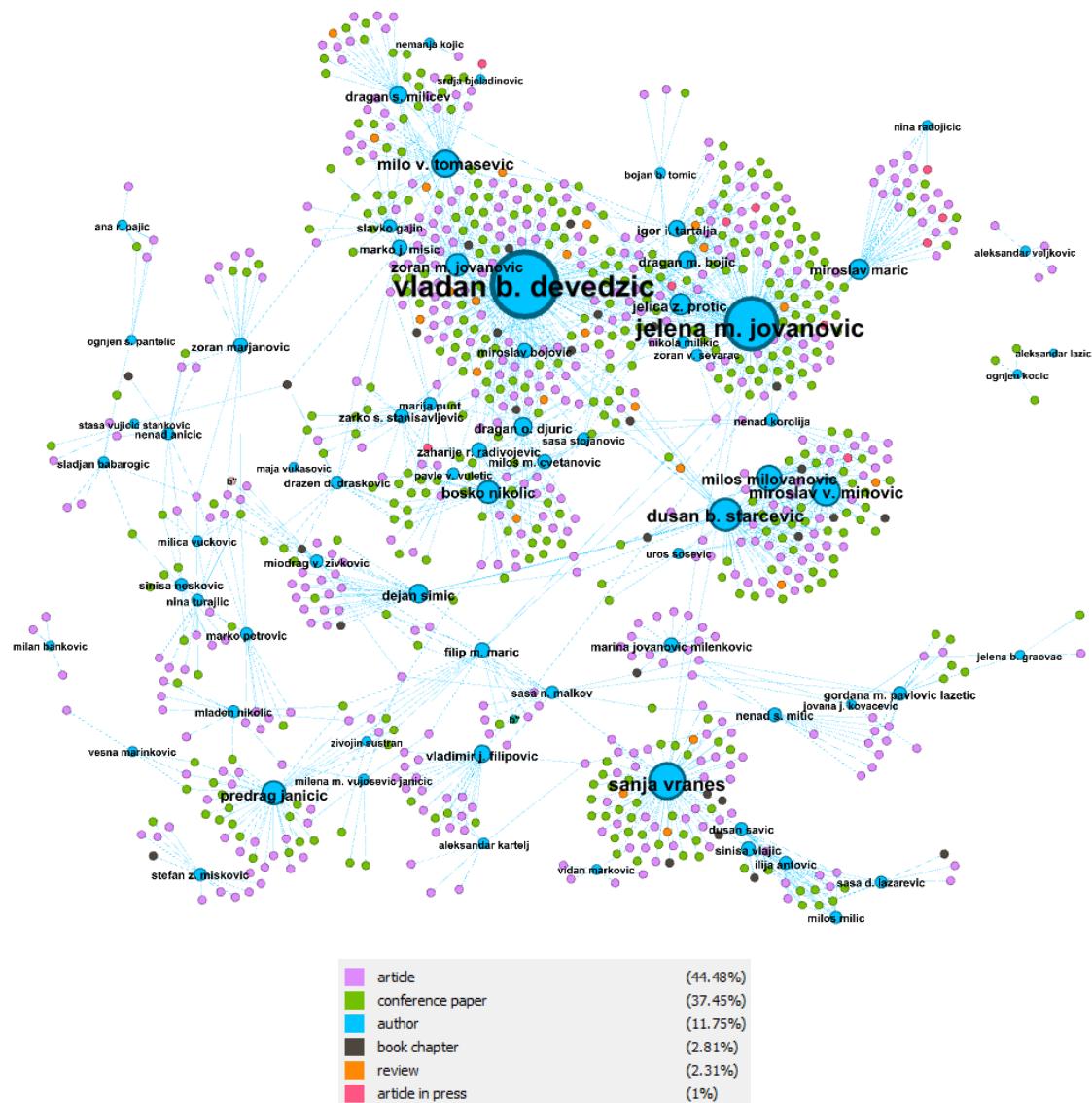
Fakultet/katedra	Učestanost objavljivanja
ETF	10,78
FON	13,55
MATF	7,95
ETF-RTI	10,79
MATF-RTI	7,95
FON-SI	8,57
FON-IS	5,95
FON-IT	3,12

Tabela 13. Učestanost objavljivanja za fakultete i katedre.

5.17 Da li postoji razlika u prosečnom broju autora po radovima u časopisima i na konferencijama?

Kreirana je nova netežinska, usmerena mreža. Čvorovi mreže su autori i različiti tipovi naučnih publikacija, koji su povezani ukoliko je autor učestvovao u izradi te publikacije (Slika 40.). Koristeći opciju filtriranja u Gephi alatu, možemo izdvojiti podmreže ove mreže, tako da su zasebno prikazane publikacije u časopisima i publikacije na konferencijama. Količnikom sume *Weighted-In Degree* (za radove u časopisima i na konferencijama) i broja autora, dobijamo prosečan broj autora po publikaciji:

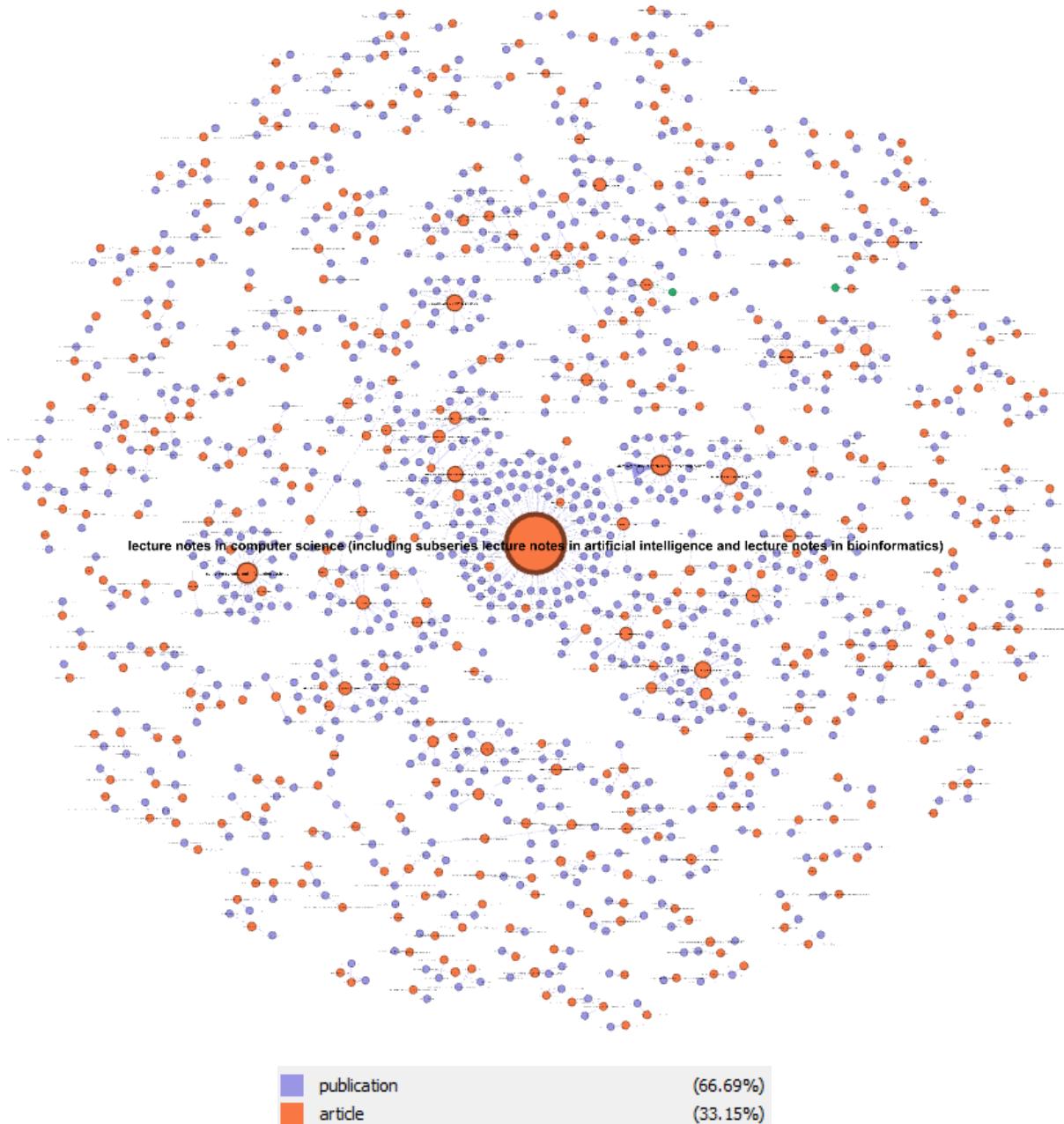
- Prosečan broj autora za publikacije na konferencijama: 1,13
- Prosečan broj autora za publikacije u časopisima: 1,12



Slika 40. Mreža autora i radova.

5.18 U kojim časopisima i na kojim konferencijama se u proseku najviše objavljuje?

Radi lakšeg izučavanja časopisa/konferencija, u kojima autori najčešće publikuju svoje radove, napravljena je nova, usmerena mreža radova (*Article*, *Article in Press*, *Conference Paper*) i časopisa (Slika 41.). Veze te mreže predstavljaju podatak o tome u kom je časopisu određeni naučni rad publikovan.



Slika 41. Mreža časopisa i radova.

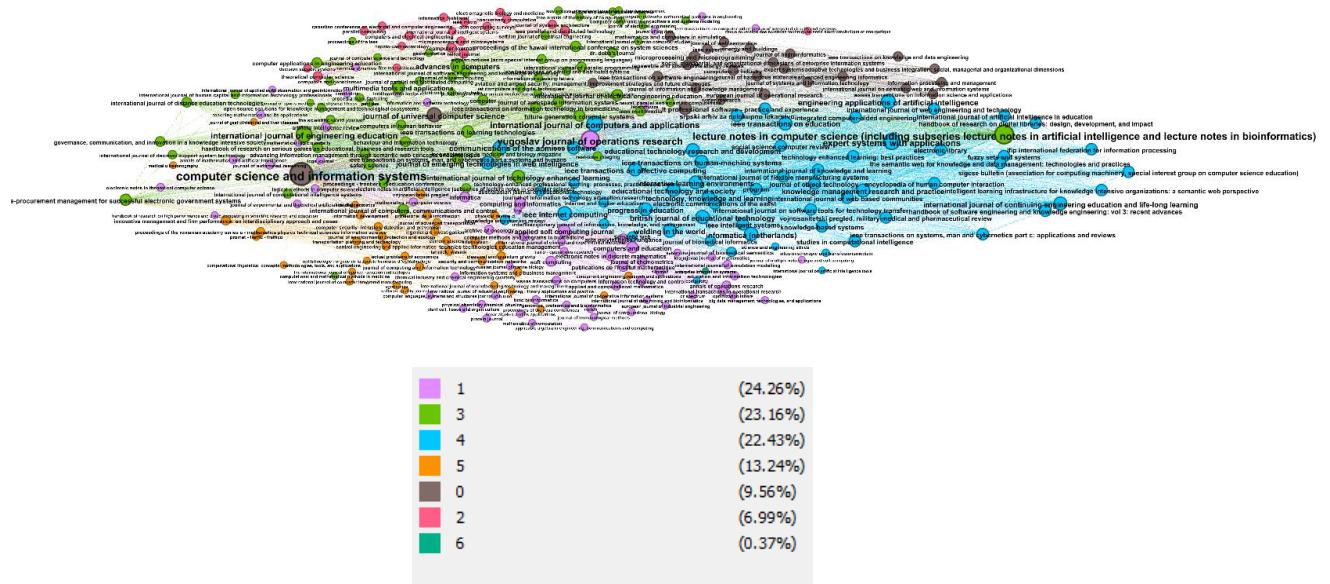
Na tabeli 14. možemo i kvantitativno uočiti broj publikacija objavljenih za svaki časopis.

name	In-Degree
lecture notes in computer science (including subseries lecture notes in artificial intelligence and lect...	76
computer science and information systems	19
acm international conference proceeding series	18
yugoslav journal of operations research	13
expert systems with applications	13
ceur workshop proceedings	13
international journal of engineering education	12
advances in computers	9
24th telecommunications forum, telfor 2016	9
2017 25th telecommunications forum, telfor 2017 - proceedings	9
journal of universal computer science	8
educational technology and society	8
computer applications in engineering education	8
2013 21st telecommunications forum telfor, telfor 2013 - proceedings of papers	8

Tabela 14. Dokumenta i broj objavljenih publikacija u njima.

5.19 Da li se izdvajaju i koje grupe (zajednice) časopisa u okviru mreže časopisa? Da li autori imaju tendenciju da objavljaju u časopisima sličnog profila?

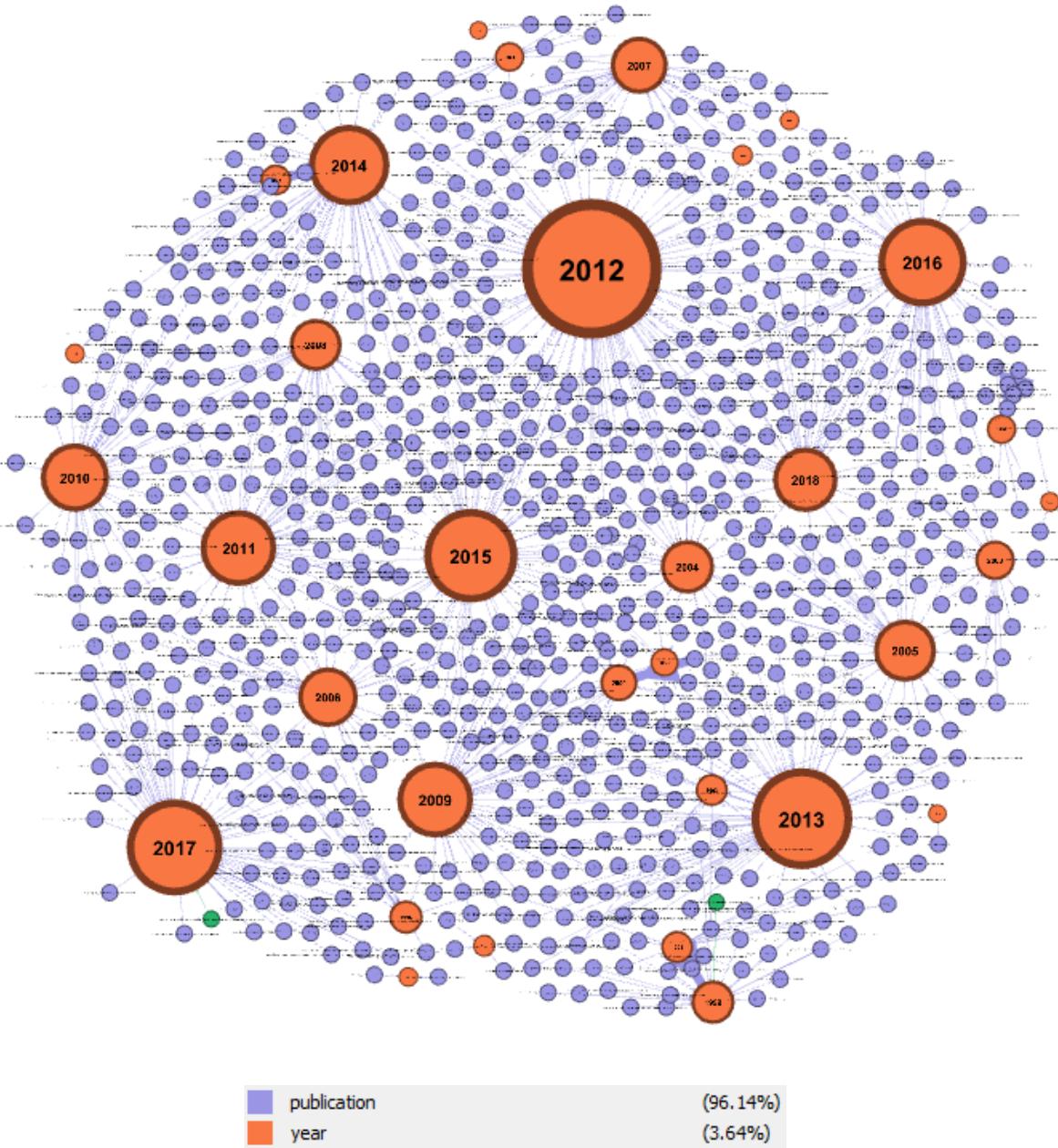
Za dobijanje odgovora na ovo pitanje, primenjana je metrika *Modularity*, u okviru Gephi alata, na mrežu časopisa. Na slici 42. možemo uočiti 7 različitih komuna koje se formiraju u mreži časopisa.



Slika 42. Mreža časopisa – detekcija komuna.

5.20 U kojim godinama su autori bili najproduktivniji po fakultetima i katedrama?

Kreirana je nova, netežinska, usmerena mreža, koja povezuje naučne publikacije sa godinama u kojoj su objavljene (Slika 43.). Čvorovi mreže koji predstavljaju publikacije, kao svoje atribute, sadrže i informaciju sa koje katedre, tj. sa kod fakulteta su autori (jedan ili više njih, sa istog ili različitog fakulteta/katedre) koji su objavili taj rad. To nam omogućava da kroz *Filter* opciju u alatu Gephi, zasebno posmatramo produktivnost po fakultetima i po katedrama.



Slika 43. Mreža časopisa – detekcija komuna.

Kako Elektrotehnički i Matematički fakulteti imaju samo jednu katedru, za njih, izučavanje produktivnosti fakulteta je istovremeno i izučavanje produktivnosti Katedre za radunarstvu tehniku i informatiku i Katedre za računarstvo i informatiku, respektivno.

name	In-Degree
2012	30
2015	27
2013	26
2017	23
2016	21
2011	19
2018	16
2014	15
2005	13

Tabela 15. ETF – produktivnost po godinama.

name	In-Degree
2012	47
2009	32
2013	27
2010	27
2016	25
2015	23
2014	23
2011	22
2004	22
2017	21
2007	20
2005	19
2008	18

Tabela 16. FON – produktivnost po godinama.

name	In-Degree
2012	22
2017	22
2014	15
2013	15
2016	11
2015	11
2006	9
2018	9
2010	8
2009	7
2011	6

Tabela 17. MATF – produktivnost po godinama.

Možmo uočiti da je najproduktivnija godina za sva tri fakulteta bila 2012. godina. Na sledećim tabelama možemo uočiti i produktivnost po godinama, zasebno za svaku katedru sa Fakulteta organizacionih nauka.

name	In-Degree
2012	25
2009	20
2004	19
2005	17
2006	16
2015	15
2007	15
2010	14

Tabela 18. FON-SI produktivnost po godinama.

name	In-Degree
2010	8
2012	7
2016	6
2014	5
2017	5
2015	4
2011	4
1985	3

Tabela 19. FON-IS produktivnost po godinama.

name	In-Degree
2013	17
2012	15
2016	12
2009	11
2014	10
2011	8
2018	8
1999	7
2017	7

Tabela 20. FON-IS produktivnost po godinama.

6. Appendix “NetworkX”

U ovom poglavlju se nalaze osnovni rezultati i metrike dobijene za svaku korišćenu socijalnu mrežu, u okviru izrade projektnog rada. Mreže su modelovane programskim jezikom *python* i *3rd party python modulom NetworkX*. Sva analitika i metrike su dobijene korišćenjem postojećih funkcionalnosti networkx biblioteke.

Na sledećim slikama su priložene samo neke metrike na nivou cele socijalne mreže. Za detaljne informacije i metrike o svakom čvoru tih mreža, pogledati repozitorijum projekta, u direktoriju *Output*. Tu se locirani .txt fajlovi, u kojima se nalaze eksportovani podaci i za svaki čvor mreže zasebno.

```
----- NETWORK GENERAL DATA -----
Name: CoAuthor Network
Type: Graph
Number of nodes: 64
Number of edges: 206
Average degree: 6.4375
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.10218253968253968
Network components: 4
Average Degree Centrality: 0.10218253968253957
Average Closeness Centrality: 0.13972510229983423
Average Betweenness Centrality: 0.008408538146441373
Average Eigenvector Centrality: 0.06506605283895829
```

Slika 43. Mreža koautora.

```
----- NETWORK GENERAL DATA -----
Name: Article Network
Type: Graph
Number of nodes: 272
Number of edges: 3772
Average degree: 27.7353
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.10234425873670501
Network components: 2
Average Degree Centrality: 0.10234425873670484
Average Closeness Centrality: 0.4520110713337958
Average Betweenness Centrality: 0.0045487342128323165
Average Eigenvector Centrality: 0.03697459611834517
```

Slika 44. Mreža časopisa.

```
----- NETWORK GENERAL DATA -----
Name: Article Paper Network
Type: Graph
Number of nodes: 1306
Number of edges: 880
Average degree: 1.3476
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.0010326638620454958
Network components: 426
Average Degree Centrality: 0.0010326638620455305
Average Closeness Centrality: 0.0034374365681324333
Average Betweenness Centrality: 4.110785451951909e-06
Average Eigenvector Centrality: 0.005269922606423971
```

Slika 45. Mreža radova i časopisa gde su objavljeni.

```
----- NETWORK GENERAL DATA -----
Name: Author Publications Network
Type: Graph
Number of nodes: 996
Number of edges: 1255
Average degree: 2.5201
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.0025327440414926036
Network components: 57
Average Degree Centrality: 0.002532744041492601
Average Closeness Centrality: 0.06059621926979907
Average Betweenness Centrality: 0.0010292649318851094
Average Eigenvector Centrality: 0.01096692634621672
```

Slika 46. Mreža autora i njihovih publikacija.

```
----- NETWORK GENERAL DATA -----
Name: Department Network
Type: Graph
Number of nodes: 878
Number of edges: 883
Average degree: 2.0114
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.0022934886221665806
Network components: 2
Average Degree Centrality: 0.0022934886221665355
Average Closeness Centrality: 0.23871925058429594
Average Betweenness Centrality: 0.0027947537667885347
Average Eigenvector Centrality: 0.015426473756575892
```

Slika 47. Mreža katedri i radova objavljenih od strane te katedre.

```
----- NETWORK GENERAL DATA -----
Name: Department Yearly Network
Type: Graph
Number of nodes: 41
Number of edges: 195
Average degree: 9.5122
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.23780487804878048
Network components: 1
Average Degree Centrality: 0.23780487804878053
Average Closeness Centrality: 0.5401451611225188
Average Betweenness Centrality: 0.022701688555347085
Average Eigenvector Centrality: 0.14094436445706357
```

Slika 48. Mreža katedri i godina u kojima su objavljeni radovi od strane te katedre.

```
----- NETWORK GENERAL DATA -----
Name: Publications Yearly Network
Type: Graph
Number of nodes: 906
Number of edges: 878
Average degree: 1.9382
----- NETWORK ANALYSIS DATA -----
Network density: 0.002141646238093496
Network components: 28
Average Degree Centrality: 0.0021416462380935146
Average Closeness Centrality: 0.03263792904820261
Average Betweenness Centrality: 0.00015095989739681
Average Eigenvector Centrality: 0.008508680470762687
```

*Slika 49. Mreža radova i godina u kojima
su objavljeni ti radovi.*