

Aleksandar Tomašević\*  
Valentina Sokolovska  
Filozofski fakultet  
Univerzitet u Novom Sadu

UDK 316.472.4  
DOI: 10.19090/gff.2017.2.427-440  
Originalni naučni rad

## **MODELI DRUŠTVENIH MREŽA KAO POSREDNICI IZMEĐU TEORIJE I EMPIRIJE: PRIMER STATISTIČKIH MODELA MREŽNE DINAMIKE\*\***

U radu se analiziraju mogućnosti upotrebe statističkih modela mrežne dinamike prilikom sociološke analize društvenih mreža. Tačnije, autori na osnovu definicija i specifikacija modela, kao i pregleda različitih primena ovih modela, žele da potvrde sledeću hipotezu: (matematički) modeli mreža u društvenim naukama ne predstavljaju ekstenziju teorije, odnosno nisu samo njena operacionalizacija, kao ni prosta generalizacija empirijskih podataka, već poseduju svojevrsnu autonomiju, koja je od suštinske važnosti za istraživački postupak. Stoga se nakon uvodnog dela, autori ukratko bave objašnjenjem pojma mrežne statike i mrežne dinamike, potom razvojem modela mrežne dinamike, kao i opravdavanjem statističkog (stohastičkog) modela i modela zasnovanog na akterima. Nakon toga, sledi pregled osnovnih pravaca savremenih istraživanja mreža u kojima se koriste modeli i na osnovu analize njihovih rezultata testira se osnovna hipoteza rada.

*Ključne reči:* analiza socijalnih mreža, matematički modeli, mrežna statika, mrežna dinamika, stohastički modeli, modeli zasnovani na akterima.

### 1. UVOD

Kada govore o razlozima interesovanja sociološke naučne zajednice za analizu socijalnih mreža, Stenli Vaserman i Katarina Faust (Wasserman and Faust, 1994: 3) napominju da se ono može pripisati fokusu mrežne analize na odnose između socijalnih entiteta i na obrasce i implikacije tih odnosa. Kako je cilj analize socijalnih mreža konstrukcija modela koji opisuje osnovna strukturalna i procesna obeležja mreže, mrežne modele možemo shvatiti kao “uprošćenu reprezentaciju koja redukuje sistem na apstraktnu strukturu opisujući samo osnovne obrasce povezivanja” (Newman, 2009: 2).

Ipak, uloga mrežnih modela u empirijskim istraživanjima i provera teorijskih hipoteza ne može se opisati, niti izvesti samo na osnovu opšte definicije

---

\* atomashevic@ff.uns.ac.rs

\*\* Tekst je nastao kao rezultat rada na projektu "Značaj participacije u društvenim mrežama za prilagođavanje evrointegracijskim procesima" (broj projekta 179037)

modela. Cilj ovog rada je analiza mogućnosti upotrebe modela prilikom sociološke analize društvenih mreža na primeru statističkih modela mrežne dinamike. Tačnije, pokušaćemo da na osnovu definicija i specifikacija modela, kao i pregleda različitih primena ovih modela potvrdimo sledeću hipotezu: (matematički) modeli mreža u društvenim naukama ne predstavljaju ekstenziju teorije, odnosno nisu samo njena operacionalizacija, kao ni prosta generalizacija empirijskih podataka, već poseduju svojevrsnu autonomiju, koja je od suštinske važnosti za istraživački postupak.

Koncept autonomije modela zasnivamo na ideji filozofkinje nauke Margaret Morison i istoričarke ekonomije Meri Morgan o (matematičkim) modelima kao posrednicima između teorije i empirije (Morgan and Morrison, 1999).

Autonomija modela najvećim delom proističe iz procesa njihove konstrukcije. Često se pretpostavlja da se modeli mogu u potpunosti izvesti iz teorije ili iz podataka, što je stav koji želimo da opovrgnemo našom hipotezom. Morison i Morgan smatraju da to što modeli nisu ni prosti izraz teorije, ni prosta generalizacija podataka omogućava njihovu medijaciju između teorije i (empirijske) stvarnosti.

Drugi element autonomije modela ogleda se u načinu na koji oni funkcionišu. Pod autonomnim funkcionisanjem modela podrazumevamo njegovu upotrebu kao oruđa ili instrumenta. Iako postoji povezanost između instrumenta i objekta na koji se primenjuje, oni nisu zavisni jedni od drugog, zato što se instrument može primeniti na veći broj različitih objekata.

Treći element autonomije modela odnosi se na sadržaj veze između modela kao instrumenta i njegovog predmeta. Ne smemo zaboraviti da su modeli istraživački instrumenti, što znači da se bitno razlikuju od prostih instrumenata, kao što su merni, pri čemu je ključna razlika u tome što modeli predstavljaju reprezentaciju svog objekta. Posledica te razlike je mogućnost da se na osnovu modela nauči nešto o samom objektu.

Učenje na osnovu modela je poslednji element njegove autonomije. Osnovna odlika ovakvog oblika dolaženja do novih saznanja o predmetu istraživanja je to što manje saznajemo iz rezultata pojedinačne analize, u odnosu na proces građenja i promene specifikacije modela. Ova karakteristika naročito može doći do izražaja u sociološkim istraživanjima zahvaljujući kompleksnosti društvene stvarnosti, ali i teorijskom pluralizmu, što omogućava širok diverzitet mogućih definicija i specifikacija modela.

U cilju ispitivanja hipoteze prvo ćemo ukratko opisati osnovnu ideju koja leži u pozadini modelovanja dinamike mreža, kao i osnovne ciljeve takvog modelovanja. Nakon toga će uslediti analiza najvažnijih i najinteresantnijih primena

u sociološkim istraživanjima. U zaključku rada ćemo prodiskutovati status hipoteze i ukazati na moguće implikacije njenog prihvatanja za metodologiju modelovanja u društvenim naukama.

## 2. MODELOVANJE MREŽNE DINAMIKE

Pod mrežnom statikom podrazumeva se istraživanje strukture (društvenih) mreža, odnosno konstrukcija matematičkih modela koji opisuju strukturalne karakteristike mreža. Sa druge strane, mrežna dinamika istražuje vremenske promene mreža, odnosno mrežnih veza i mrežne strukture. Cilj dinamične mrežne analize je objašnjenje i razumevanje procesa koji čine osnovu promene društvenih mreža i dovode do nastanka specifičnih mrežnih konfiguracija i struktura. Samim tim, mrežna dinamika ne zanemaruje strukturalne aspekte, već pokušava da ih objasni i razume tako što će identifikovati i objasniti procese koji učestvuju u njihovom nastanku i promeni.

Ipak, ova dva polja istraživanja mreža nisu bez dodirnih tačaka. Pored slučajnih grafova i modela malog sveta (Watts and Strogatz, 1998), najpoznatiji model mrežne strukture su mreže bez skale, čiji nastanak se objašnjava Barabaši-Albert modelom mrežnog rasta (Barabási and Albert, 1999), čija glavna komponenta je proces preferencijalnog povezivanja aktera. Ovaj model je jedan od prvih, pristojih modela koji nastoji da objasni određenu mrežnu konfiguraciju (mreža bez skale) preko procesa koji takvu konfiguraciju generiše. Ipak, ovaj model je relativno prost, jer je jedini dinamični činilac rast mreže, odnosno porast broja mrežnih aktera, pri čemu se ne uzimaju u obzir eventualne promene međusobnih odnosa aktera, koje su najznačajnije za sociološku analizu.

Druga dodirna tačka mrežne statike i dinamike je pitanje robustnosti mreža. Jedno od važnijih pitanja strukturalne mrežne analize je pitanje kohezije članova, odnosno otpornosti mreže na prekide i izostanak članova i njihovih veza. Umesto rasta mreže, prilikom istraživanja robustnosti pažnja je usmerena na pad broja članova. Preciznije, robustnost predstavlja odliku strukture da ostane u određenoj meri neizmenjena usled "izlaska" aktera iz mreže ili prekida određenih veza (White and Harary, 2001). Ipak i modeli robustnosti i modeli kohezije uzimaju u obzir samo proste promene unutar društvenih mreža i nastoje da objasne samo nekoliko karakteristika mreža koje nastaju kao posledice takvih promena.

Istraživanje mrežne dinamike je posebno interesantno za sociologiju i druge društvene nauke. Za razliku od dinamike mreža u fizici, molekularnoj biologiji, saobraćajnom ili telekomunikacionom inženjerstvu, u slučaju društvenih mreža glavni agens mrežnih promena je ponašanje društvenih aktera. Samim tim, u slučaju

društvenih mreža, istraživanje dinamike zapravo predstavlja proučavanje odnosa interakcija između parova individua na mikro nivou i rezultujuće strukture na mezo (ili makro) nivou analize.

U slučaju strukturalne analize, sociološki je najznačajnija poziciona analiza ili analiza uloga pojedinca u celokupnom društvenom sistemu, odnosno mreži. Nakon konstrukcije odgovarajućeg modela mrežne strukture i ocene njegovih parametara, istraživač može interpretirati ne samo globalne strukturalne varijable, već i položaj i ulogu jednog ili više mrežnih aktera unutar te strukture. Upravo zato su pristupi zasnovani na strukturalnoj ekvivalenciji i blokovskom modelovanju privukli pažnju sociologa. Ovaj tip analize omogućava da se na osnovu kvantitativnih relacionih podataka o odnosima aktera unutar određenog društvenog sistema dođe do podataka o diferencijaciji tog sistema na smislene podgrupe. Ovakva istraživanja su naročito značajna ukoliko se radi o kompleksnoj mreži jer se na ovaj način može doći do uvida u suptilne razlike u položaju i/ili ulogama pojedinaca, koje nisu očigledne.<sup>1</sup>

Ipak i na sociološka istraživanja strukture se odnosi ograničenje statičke analize. Iako zaključci dobijeni pozicionim metodama mogu biti značajni i dalje se ne dolazi do informacija o promenama strukture tokom vremena. Pored toga, zaključci analize mogu biti zavisni od trenutka prikupljanja podataka, odnosno vremenskog perioda koji obuhvataju mrežni podaci. Sa jedne strane, ukoliko je taj period isuviše kratak može se desiti da nisu obuhvaćeni neki strukturalni aspekti koji nisu bili prisutni u trenutku merenja/kodiranja, a čine važan deo mrežne strukture. Sa druge strane, ukoliko je vremenski interval veliki, može se desiti da neki strukturalni aspekti kratkog trajanja budu izuzeti iz analize ili tretirani kao anomalija u relacionim podacima.

Upravo zato je posle perioda intenzivnog razvoja statičke strukturalne analize društvenih mreža (od šezdesetih do početka devedesetih godina prošlog veka), u poslednje dve decenije došlo do niza modela koji objašnjavaju dinamiku

---

<sup>1</sup> Ideja da se kompleksni sistemi uloga mogu istraživati putem mrežnih metoda (odnosno preko apstraktne algebre i teorije grafova u matematičkom smislu) dolazi iz strukturalističke antropologije. Harison Vajt, jedan od začetnika sociološke analize mreža, je njene metodološke temelje predstavio u knjizi *Anatomija srodstva* (*Anatomy of Kinship*, 1963) u kojoj je analizirao srodničke sisteme australijskih Aboridžina preko mrežnih metoda. Ipak, Vajt nije pionir upotrebe teorije grafova u antropologiji. Pre njega je to učinio antropolog Fridrih Nejdal (Nadel, 1958), a pionirski pokušaj primene algebarskih metoda na antropološke probleme vezuje se za čuvenog Burbaki matematičara Andrea Veila (Weil, 1949/1969), odnosno za njegov apendiks u Levi-Strosovim *Elementarnim strukturama srodstva*.

društvenih mreža i rezultujuće mrežne strukture. Od 1996. do 2003 godine, tri posebna broja časopisa *Žurnal za matematičku sociologiju* su posvećena istraživanju mrežne dinamike. Ova činjenica predstavlja indikator važnosti istraživanja mrežnih promena za sociologe, socijalne psihologe i statističare. Sva tri broja su posvećena mehanizmima preko kojih se može istraživati mrežna evolucija: koji mikro mehanizmi dovode do kojih makro ishoda i kako se te strukture menjaju tokom vremena (Van de Bunt and Groenewegen, 2007: 463).

### 3. PRIMENE STATISTIČKIH MODELA MREŽNE DINAMIKE

U prethodnih petnaest godina izdvojile su se tri oblasti primene ovih modela u društvenim naukama: istraživanje razvoja prijateljskih odnosa unutar adolescentskih grupa, različita istraživanja promene društvenih odnosa unutar formalnih organizacija i istraživanje promene mreža naučne saradnje.

#### *3.1. Istraživanja prijateljskih odnosa unutar adolescentskih grupa*

Prvo istraživanje u kojem je eksplicitno primenjeno stohastičko modelovanje zasnovano na akterima sprovedli su holandski sociolozi Gerhard van de Bunt, Marijtje van Duijn i Tom Snajders 1999. godine (van de Bunt et al, 1999). Reč je o istraživanju nastanka i razvoja prijateljstava unutar grupe bruceša sa jednog holandskog univerziteta. Osnovna hipoteza ove studije je da je razvoj prijateljstva u ovakvom okruženju podeljen u tri faze i da tokom svake od faza drugi faktori imaju značajan uticaj na to da li će se između dve individue razviti prijateljski odnosi (vidi i Autor et al, 2016).

Rezultati statističkog modela mrežne dinamike, potvrdili su hipotezu da postoje tri različite faze dinamike prijateljskih odnosa unutar ove grupe. Za sve faze izračunat je konstantan slab, ali statistički značajan homofilni uticaj pola i starosti ispitanika na verovatnoću nastanka i razvoj prijateljstva. Ipak, faze se razlikuju po tome koji faktor postaje dominantan (jako dejstvo i velika značajnost). U prvoj fazi to je mesto stanovanja, u drugoj distinkcija pušač/nepušač, a u trećoj broj časova koji studenti imaju zajedno. Za sve tri faze je takođe karakterističan umeren uticaj strukturalnih faktora, odnosno efekata reciprociteta i tranzitivnosti. Kada se svi rezultati analiziraju skupa (vidi van de Bunt et al, 1999: 186), oni potvrđuju inicijalne hipoteze istraživača. Ipak, to ne znači da istraživanje nema svojih nedostataka. Pre svega, autori svesno zanemaruju dinamiku problematičnih odnosa, koji predstavljaju združeni termin za sve odnose neprijateljstva i animoziteta, koji se mogu sresti unutar ovakvih društvenih grupa. Ova dinamika se ne sme

zanemariti, zato što ona može presudno uticati na zaključak celokupne analize. Naime, pretpostavka modela je da prijateljstvo u trećoj fazi nastaje kao posledica ciljno-racionalnog delovanja (postizanja što boljeg uspeha na studijama), ali se od mogućnosti za ostvarivanje ciljeva definiše jedino kooperacija, odnosno saradnja između studenata koja kasnije prerasta u prijateljstvo. Ono što ne saznajemo iz rezultata modela jeste da li, na primer, porast problematičnih odnosa u trećoj fazi možemo povezati sa rivalskim odnosom između grupa studenata, odnosno sa nekom vrstom takmičenja ili borbe za postizanje što boljeg uspeha. Osnovna premisa ovog tipa modelovanja jeste da možemo uočiti vezu između promene društvenih odnosa unutar neke grupe i procesa koji opisuju ponašanje aktera koji tu grupu sačinjavaju.

Van Dujin, je sa svojim saradnicima sa Univerziteta u Groningenu sproveo novu studiju 2003. godine, sa sličnim ciljem, ali je ovog puta želeo da ispita hipotezu o karakteru tranzitivnosti u društvenim mrežama studenata. Naime, on je želeo da utvrdi da li se tranzitivnost može objasniti kao posledica blizine i sličnosti aktera koji tu mrežu sačinjavaju (van Dujin et al., 2003: 158). Nedostaci ovog istraživanja su slični nedostacima prethodnog, pošto su korišćene gotovo identične varijable.

Na osnovu poređenja rezultata dva modela možemo videti kako različita specifikacija modela, kao i selekcija komponenti može uticati na različite rezultate i različitu interpretaciju. Naime, rezultati obe analize potvrđuju početne istraživačke hipoteze, koje su slične, ali među kojima postoji dosta razlika. Na osnovu poređenja rezultata mi ne možemo doneti sud o tome da li je jedna od tih hipoteza tačnija od druge (za oba slučaja), niti možemo tvrditi da su obe podjednako istinite. Ova činjenica treba da služi kao podsetnik da se radi o statističkim modelima i da značajno dejstvo faktora ne implicira nikakav oblik kauzalnosti, već možemo zaključiti jedino da je slaganje varijabiliteta dva posmatrana obeležja statistički značajno u odnosu na druge prisutne faktore. Pod prisutnim faktorima podrazumevamo one koji su dati na osnovu specifikacije modela. Samim tim, specifikacija modela predstavlja i ograničenje interpretacije rezultata, pa se ne mogu direktno porediti dva modela koja nemaju istu specifikaciju.<sup>2</sup> Ono što možemo da uradimo u cilju poboljšanja zaključaka analize jeste da konstruišemo objedinjeni model koji bi proverio snagu uticaja svih faktora u isto vreme na jednom skupu podataka, pa bismo onda mogli, na primer, da komentarišemo da li u prvoj fazi veći

---

<sup>2</sup> Drugi naziv za ovakve modele je neugnježđeni model. Sličan problem komparacije ovakvih modela se javlja i kod statističkog modelovanja na osnovu strukturalnih jednačina (vidi Bentler, 1990).

značaj ima faktor mesta stanovanja ili faktori vidljive sličnosti. Pored ova dva istraživanja, značajan je i rad švedskih sociologa sa Univerziteta Orebro (Burk et al. 2008). Oni su hteli da provere da li zajedničko učešće u delinkventnim aktivnostima podjednako značajno utiče na formiranje prijateljskih odnosa kao i učestvovanje u školskim aktivnostima.

### 3.2. Istraživanje organizacionih mreža

Drugu značajnu oblast primene statističkih modela mrežne dinamike predstavljaju istraživanja promene društvenih odnosa unutar formalnih organizacija (privrednih, pravnih, nevladinih itd.). Prvo takvo istraživanje sproveo je ranije pomenuti holandski sociolog Gerhard van de Bunt, zajedno sa kolegama Rafelom Vitekom i Mauris de Kleper (Van de Bunt et. al., 2005). Predmet istraživanja bio je razvoj odnosa poverenja među zaposlenima na primeru jedne nemačke fabrike. Osnovni cilj rada bila je provera hipoteza o značajnosti 6 teorijskih mehanizama preko kojih je moguć nastanak odnosa poverenja između zaposlenih. Ti mehanizmi su grupisani u dve grupe: ekspresivni i instrumentalni. Ako postoji dejstvo ekspresivnih motiva (odnosno mehanizama) onda individue pridaju emocionalnu vrednost društvenim odnosima unutar organizacije i među njih spadaju: homofilija<sup>3</sup>, grupni balans i ogovaranje među zaposlenima. Sa druge strane, instrumentalni motivi opisuju proces strategijskog uspostavljanja veza u skladu sa interesima individua i među njih spadaju: signaliranje, funkcionalna zavisnost unutar grupe i efekat strukturalnih grupa (vidi Van de Bunt, 2005: 341- 348).

Rezultati statističkog modela mrežne promene potvrdili su statistički značaj uticaja svih šest teorijskih mehanizama, pri čemu je najslabiji uticaj homofilije. Kada je reč o akterskim kovarijatima, rezultat koji odskače od predviđenih uticaja jeste negativan uticaj godina staža na verovatnoću da će se između dva aktera razviti odnos poverenja. Nedostatak istraživanja leži u činjenici da je uzimana u obzir samo horizontalna diferencijacija, a da nisu uzimani u obzir odnosi nadređenih i podređenih radnika, kao i drugi odnosi moći unutar organizacije. Uzimajući u obzir da se radi o odnosima poverenja, bilo bi zanimljivo analizirati uticaj ovih faktora (koji se relativno lako mogu mrežno operacionalizovati) jer bi oni mogli ukazati na prisustvo formiranja klika na osnovu vertikalnog položaja unutar fabrike ili pak postojanja grupnih konflikta unutar iste. Teorijsku osnovu za analizu ovakvih mrežnih efekata možemo naći u teorijama organizacionog konflikta (vidi pregled Pondy, 1967). Neki od ovih metodoloških i teorijskih nedostataka

---

<sup>3</sup> Više o problemu homofilije u društvenim mrežama vidi u: Bilinović i Autor, 2016.

ispravljeni su u radu francuskog sociologa Emanuela Lazega i njegovih saradnika (Lazega et al, 2006).

### *3.3. Istraživanje mreža naučne saradnje*

Za razliku od istraživanja mreža prijateljstava i istraživanja organizacionih mreža, istraživanje mreža naučne saradnje je tek nedavno postalo predmet statističkih modela mrežne dinamike. Ipak, proučavanje mreža kolaboracije u nauci ima dugu tradiciju, još od Prajsovih radova o mrežama naučnih radova (Price, 1965), a najznačajniji rezultati strukturalne analize mreža predstavljeni su u radovima Marka Njumana (Newman 2001a, 2001b, 2004). Dinamiku mreža preko statističkih modela prvi su analizirali slovenački sociolozi Luka Kronerger, Franc Mali, Anuška Ferligoj, zajedno sa američkim sociologom Patrikom Dorejnom (Kronerger et al. 2012). Ovo istraživanje se zapravo nastavlja na istraživanja strukture mreže saradnje slovenačkih sociologa koje je radio isti tim (Mali et al., 2010), sa tim što je analiza proširena na četiri nauke (sociologija, matematika, fizika i biotehnologija) i dodat je dinamični aspekt.

Prvi deo njihove analize sastoji se iz strukturalne i pozicione analize, odnosno iz primene generalizovanog blokovskog modelovanja (Doreian et al., 2005). Primenom ove tehnike utvrđeno je da se struktura mreže saradnje svake od nauka sastoji iz tri dela: jezgra, polu-periferije i periferije.

S obzirom da je mrežna dinamika samo delimično predmet ove studije, razumljivo je zašto ona nije u potpunosti operacionalizovana. Pošto promena saradnika i ulazak novih istraživača u mreže nije primarni cilj analize, već njihovo istraživanje služi objašnjenju promena trostruke mrežne strukture: centar-poluperiferija-periferija, nisu realizovane sve mogućnosti statističkog modelovanja mrežne dinamike. Pre svega, radi se o nedostatku kovarijata (akterskih i dijadičkih), za koje se u drugim brojnim sociološkim istraživanjima nauke pokazalo da imaju značajan uticaj na varijable kao što je naučna produktivnost i kolaboracija. Reč je o varijablama kao što je učešće na projektima (međunarodnim i nacionalnim), univerzitetsko zvanje (i eventualni period novog izbora u zvanje ili reizbora). Operacionalizacija ovih varijabli omogućila bi istraživačima da utvrde da li postoji jak uticaj ovih faktora na povećanje produktivnosti ili izbor saradnika, što je veoma značajno zato što jak odnos između njih može biti indikator lažnog podizanja produktivnosti grupe/tima na osnovu neadekvatnog odavanja zasluga/priznanja (potpisivanje autorstva bez adekvatnog pokrića – doprinosa samom naučnom radu), ili plagijatorstva u cilju postizanja kvote za izbor u zvanje ili nastavak finansiranja projekta. Ove teme su izuzetno značajne za savremenu sociologiju nauke i samu



naučnu delatnost uopšte i predstavljaju jedan od pravaca u kojem treba usmeriti buduća istraživanja mreže naučne saradnje i njihove dinamike.

#### 4. DISKUSIJA

Da bismo doneli zaključak o statusu hipoteze koju smo postavili na početku našeg istraživanja, analiziraćemo ranije navedene elemente autonomije modela.

*Konstrukcija modela.* Prilikom predstavljanja procedure za ocenu parametara modela, pomenuli smo i moguće načine selekcije komponenti modela. U slučaju primene ovih modela u empirijskim istraživanjima, konstrukcija modela se svodi upravo na selekciju komponenti.

Na osnovu naše kritike postojećih primena (u sve tri oblasti), pokazali smo da uvek postoji prostor za unošenje različitih teorijskih mehanizama u model, što je argument u korist njegove autonomije u odnosu na jednu teoriju, ili čak teorijsku školu ili pravac. Najbolji primer takve autonomije imamo u Berkovom radu (Burk et al. 2008), gde konstrukcija modela počinje sa idejom da je moguće ispitati u isto vreme ideje dve teorijske pretpostavke. Sa druge strane, videli smo da se prilikom konstrukcije modela ne uzimaju u obzir podaci na kojima će on biti testiran, već da oni imaju ulogu samo prilikom ocenjivanja vrednosti parametara modela. Pri tome, treba imati na umu da konstrukcija modela ne zavisi od vrednosti empirijskih podataka, ali da jeste zavisna od dostupnih varijabli, odnosno od metodologije prikupljanja podataka.

*Funkcionisanje modela.* Pregledom primena modela pokazali smo da se isti mrežni efekti mogu koristiti prilikom istraživanja različitih društvenih fenomena, što potvrđuje ideju o modelu kao istraživačkom instrumentu. No, iako pokušavamo da argumentujemo autonomiju modela, to ne znači da su oni nezavisni od teorije, odnosno empirije, naročito kada je reč o funkcionisanju modela. To što u model možemo ubaciti neki mrežni efekat, ne mora da znači da je prisustvo tog efekta opravdano. Drugim rečima, treba voditi računa o smislu prisustva nekog efekta u kontekstu ispitivane pojave. Vratimo se na primer istraživanja mreža naučne saradnje. Recimo da smo uz date podatke imali i podatak o mesečnim primanjima naučnika. Prilikom konstrukcije modela moguće bi bilo ubaciti efekat privlačnosti saradnje sa visoko plaćenim naučnicima i, pošto su podaci dostupni, model bi funkcionisao bez problema, a na kraju bi dobili ocenu statističkog značaja tog mrežnog efekta. Ipak, postavlja se pitanje da li je u stvarnosti moguće dejstvo tog efekta. Da li svaki istraživač ima javno dostupne podatke o primanjima svojih kolega? Čak i ako ima da li su to kolege sa istog odseka, univerziteta, iz iste države? Pošto su to najčešće privatni podaci, nerazumno bi bilo pretpostaviti da oni

imaju uticaj na odluke naučnika o saradnji. U tom slučaju, istraživač bi trebao da razmisli o operacionalizaciji neke druge varijable kao što je ocena statusa naučnika od strane drugih, koja bi se mogla dobiti anketnim putem.

*Reprezentacija i učenje.* Ove dve karakteristike modela ćemo analizirati zajedno, zato što preko njih dobijamo odgovor na pitanje: "šta saznajemo upotrebom ovih modela?". Pre svega, pošto se radi o statističkim, odnosno stohastičkim modelima, mora se jasno naznačiti da ovi modeli, kao i većina mrežnih modela, ne omogućavaju kauzalnu analizu. Dakle, za razliku od determinističkih modela u društvenim naukama, kao što su modeli racionalnog izbora (Coleman and Fararo 1992), matematički modeli evolucije društvenih i kulturnih sistema (McElreath and Boyd 2007) ili modeli zasnovani na teoriji igara (Kreps 1990), statistički modeli mrežne dinamike uključuju i slučajni element, tako da ne možemo rezultate, odnosno značajnost efekata interpretirati kao kauzalne veze. U ovom pogledu, mrežni modeli nisu izuzetak, već je to slučaj sa većinom statističkih postupaka koji se ne zasnivaju na eksperimentalnom istraživanju. Na primer, ranije pominjan metod strukturalnog modelovanja je sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog veka bio poznat pod nazivom "kauzalno modelovanje", ali se taj naziv uglavnom više ne koristi. Prvobitni razlog za atribut "kauzalni" je bio preveliki optimizam tvoraca metoda i neobazrivost prilikom interpretacije rezultata modela (Kline 2010).

"Učenje" na osnovu statističkih modela mrežne dinamike moguće je zahvaljujući slobodi koju pruža konstrukcija modela. Ona se ogleda u slobodi izbora mrežnih efekata, odnosno u slobodi izbora teorijskih hipoteza i pretpostavki. Kombinovanje različitih konfiguracija modela može nam ukazati pre svega na značajan uticaj mrežnih efekata, koji je često i nemoguće proveriti putem drugih metodoloških postupaka. Ukoliko je model dobro konstruisan, onda rezultati o statističkoj značajnosti efekata govore o aktivnom dejstvu teorijskih mehanizama, kao i o njihovom relativnom intenzitetu. Ovi rezultati mogu često biti kontraintuitivni, a istovremeni značaj nekih efekata može biti i teorijski nepredvidiv, što je i najznačajnija mogućnost koju ovaj tip modelovanja pruža. Ovakvi rezultati mogu predstavljati polaznu tačku za dalja istraživanja, tako da možemo zaključiti da statistički modeli mrežne dinamike imaju i svoju eksplorativnu funkciju.

Sa druge strane, drugi pravac dolaženja do novih saznanja su poređenja rezultata istog modela na različitim skupovima podataka. Drugaćiji rezultati statističkog modela na različitim skupovima podataka, ukazuju na vezu između nekog deskriptivnog svojstva mreže i procesa koji utiču na strukturalne promene

mreža, što obogaćuje opseg istraživačkih hipoteza koje se mogu proveravati ovim putem.

Kao što smo rekli prilikom kritike dve slične studije mreže prijateljstva komparativna analiza u ovom slučaju ima svojih ograničenja, jer se ne mogu porediti modeli koji nemaju istu specifikaciju. Poređenje je jedino moguće ako konstruišemo integrativni model i testiramo ga na dva skupa podataka.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ovih karakteristika statističkih modela mrežne dinamike zaključujemo da možemo prihvatiti našu polaznu hipotezu. Kao što smo napomenuli, ovi modeli nisu posebna, izolovana klasa mrežnih modela, već predstavljaju proizvod konstantnog usavršavanja metodologije istraživanja socijalnih mreža, počevši od sredine šezdesetih godina prošlog veka. Na taj način, statističke modele mrežne dinamike možemo posmatrati kao savremene predstavnike metodologije matematičkog modelovanja mreža u sociologiji, što učvršćuje značaj našeg zaključka o autonomiji mrežnih modela i njihovoj ulozi posrednika između teorije i empirije.

Autonomija modela takođe zahteva da se preispita i značenje termina "preuzimanje modela" iz neke discipline i primena u drugoj. Na osnovu svih karakteristika modela mrežne dinamike koje smo analizirali, možemo zaključiti da preuzimanje celokupnog modela i njegova primena čak na drugom skupu podataka ne dovodi do dobrih rezultata, tako da je u potpunosti nemoguće korektno ih primeniti na drugom predmetu istraživanja. Ono što je moguće jeste transfer teorijskih ideja, kao i matematička poboljšanja samog modela, ali ako se vodi računa o smislenosti konfiguracije modela i ako se rezultati obazrivo interpretiraju, nikako ne možemo govoriti o preuzimanju modela iz drugih disciplina.

Matematičko modelovanje u društvenim naukama se neretko shvata kao rigidna procedura gotovo mehaničkog primenjivanja unapred definisanih modela. Takav stav je delimično posledica ekspanzije matematičkog modelovanja u društvenim naukama krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina prošlog veka, koja je praćena neopravdanim optimizmom u pogledu kauzalnog modelovanja društvenih pojava. Danas je proces modelovanja dosta obazriviji i, kao što smo pokazali, otvoreniji prema različitim teorijskim idejama i rešenjima, što je potencijal koji u društvenim naukama, naročito u sociologiji zbog izraženog teorijskog i metodološkog pluralizma, nije u potpunosti iskorišćen.

Aleksandar Tomašević, Valentina Sokolovska

## SOCIAL NETWORK MODELS AS MEDIATORS BETWEEN THEORY AND EMPIRICS: THE EXAMPLE OF STATISTICAL MODELS OF NETWORK DYNAMICS

### *Summary*

In this paper we present the argument for application, investigation and interpretation of a specific class of social network models as mediators between the theoretical and empirical perspectives on various problems of sociological interest. Our argument starts from the epistemological position which claims that (mathematical) models in science can mediate between theoretical constructs and data due to their epistemological autonomy. We claim that statistical models of network dynamics satisfy the criteria for this type of autonomy on the basis of: the way they are constructed, their research function, their application as an instrument, and the possibility of learning from the models. After we briefly describe this class of network models, we present the case for the first two criteria of autonomy and after reviewing recent applications in various social sciences we explain how these models function as an instrument and how they enable the researcher to learn from the results and use that knowledge for improvement of future research. These attributes are consequences of two statistical and mathematical properties of these models: the stochastic nature of data fitting and the modelling procedure focused on the individual actor rather than the aggregate data. In the discussion of the paper we claim that statistical models of network dynamics can offer a solution of bridging a gap between theory and data in several fields of social sciences. By emphasizing the need for autonomous models, we explain how they can improve the fruitfulness of the mathematical in social sciences with regard to existing theoretical pluralism and pre-paradigmatic state of social sciences.

*Keywords:* social network analysis, mathematical models, network statics, network dynamics, stochastic models, actor-based models.

### LITERATURA

Autor et. al. (2016).

Barabási, A. L. and R. Albert (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509-512.

Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, 107(2), 238-246.

Bilinović, A. i Autor (2016).

Burk, W. J., M. Kerr and H. Stattin (2008). The co-evolution of early adolescent friendship networks, school involvement, and delinquent behaviors. *Revue française de sociologie*, 49(3), 499-522.

Coleman, J. S. and T. Fararo (Eds.) (1992.). *Rational Choice Theory: Advocacy and Critique*. New York: Sage Publications.

Doreian, P., V. Batagelj and A. Ferligoj (2005). *Generalized Blockmodeling*. Cambridge University Press.

- Kline, R. B. (2010). *Principles and practice of structural equation modeling*. London: The Guilford Press.
- Kreps, D. M. (1990). *Game Theory and Economic Modelling*. Oxford: Clarendon Press.
- Kronegger, L., F. Mali, A. Ferligoj and P. Doreian (2012). Collaboration structures in Slovenian scientific communities. *Scientometrics*, 90(2), 631-647.
- Lazega, E., C. Lemercier and U. Mounier (2006). A spinning top model of formal organization and informal behavior: Dynamics of advice networks among judges in a commercial court. *European management review*, 3(2), 113-122.
- Mali, F., A. Ferligoj, and L. Kronegger (2010). Co-authorship trends and collaboration patterns in the Slovenian sociological community. *Corvinus Journal of Sociology and Social Policy*, 1(2), 29-50.
- McElreath, R. and R. Boyd (2007). *Mathematical models of social evolution: A guide for the perplexed*. Chicago: University of Chicago Press.
- Morgan, M. S. and M. Morrison, M. (Eds.) (1999). *Models as mediators: Perspectives on natural and social science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nadel, S. F. (1958). *The Theory of Social Structure*. The Free Press of Glencoe.
- Newman, M. E. (2001a). Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical review E*, 64(1), 016131.
- Newman, M. E. (2001b). Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical review E*, 64(1), 016132.
- Newman, M. E. (2004). Fast algorithm for detecting community structure in networks. *Physical review E*, 69(6), 066133.
- Newman, M. (2009). *Networks: An introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Pondy, L. R. (1967). Organizational conflict: Concepts and models. *Administrative science quarterly*, 296-320.
- Price, D. J. (1965). Networks of scientific papers. *Science*, 149(3683), 510-515.
- Van de Bunt, G. G., M. A. Van Duijn and T. A. Snijders (1999). Friendship networks through time: An actor-oriented dynamic statistical network model. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 5(2), 167-192.
- Van de Bunt, G. G., R. P. Wittek and M.C. de Klepper (2005). The Evolution of IntraOrganizational Trust Networks The Case of a German Paper Factory: An Empirical Test of Six Trust Mechanisms. *International sociology*, 20(3), 339-369.

- Van de Bunt, G. G. and P. Groenewegen (2007). An actor-oriented dynamic network approach the case of interorganizational network evolution. *Organizational Research Methods*, 10(3), 463- 482.
- Van Duijn, M. A., E. P. Zeggelink, M. Huisman, F. N. Stokman, and F. W. Wasseur (2003). Evolution of sociology freshmen into a friendship network. *Journal of Mathematical Sociology*, 27(2-3), 153-191.
- Wasserman, S. and K. Faust (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University press.
- Watts, D. J. and S. H. Strogatz (1998). Collective dynamics of small-world networks. *Nature*, 393(6684), 440-442.
- Weil, A. (1949/1969). On the algebraic study of certain types of marriage laws (Murngin system). Appendix in: C. Lévi-Strauss. *Elementary Structures of Kinship*. Beacon Press, 221-230.
- White, D. R. and F. Harary (2001). The cohesiveness of blocks in social networks: Node connectivity and conditional density. *Sociological Methodology*, 31(1), 305-359.