

VLERËSIMI I ROLIT TË FORCËS SË LIDHJEVE NË RRJETAT SOCIALE TË KOMUNIKIMEVE CELULARE

*NOKA E., HOXHA F.

Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave të Natyrës, Departamenti i Matematikës
së Aplikuar

e-mail: eva.jani@fshn.edu.al

Përmbledhje

Hipoteza e njohur në sociologji si “forca e lidhjeve të dobëta” (Granovetter, 1973) sugjeron se sa më e fortë është një lidhje midis dy individëve, aq më e madhe është përputhshmëria e rrethave miqësore të tyre. Kjo veti lokale e lidhjeve transmeton efektin e saj në strukturën globale dhe funksionalitetin e rrjetave sociale, ku roli i lidhjeve të forta dhe atyre të dobëta është cilësisht i ndryshëm. Lidhjet e forta dhe fqinjësia e përbashkët e individëve të përfshirë në to krijojnë grupe me dendësi të lartë lidhjesh brenda tyre, ndërsa lidhjet e dobëta shërbejnë si ura lidhëse ndërmjet grupeve të ndryshme dhe mbajnë rrjetën të lidhur. Në këtë punim është testuar kjo hipotezë në një rrjet social të përfaqësuar nga një graf, i cili është përfutur nëpërmjet të dhënave (anonime) mbi thirrjet dhe SMS-të e përdoruesve të një kompanie celulare që operon në Shqipëri, gjatë një periudhe njëmuajore. Numri i komunikimeve midis dy përdoruesve reflekton forcën e lidhjes ndërmjet tyre, e cila është përcaktuar si peshë e brinjës korresponduese në graf. Rezultatet që merren nga vëzhgimi i karakteristikave lokale të lidhjeve dhe qëndrueshmëria e rrjetës ndaj heqjes së lidhjeve të forta ose atyre të dobëta, konfirmojnë hipotezën e Granovetter.

Abstract

The famous “strength of weak ties” hypothesis (Granovetter, 1973) states that the degree of overlap of two individuals’ friendship circles increases with the strength of their tie to one another. This local level characteristic of interactions impacts the global structure and functionality of the social networks, where the strong and weak ties have qualitatively different roles. The strong ties and the common neighborhoods of the involved individuals create tightly knit groups, whereas the weak ties typically act as “bridges” between different groups holding the network together. In this paper, this hypothesis is tested on a social network represented by a graph which is derived from the call and SMS records of a cellular company’s users in Albania during a time period of one month. The number of communications between any two users reflects the strength of their tie, which is defined as the weight of the corresponded link in the graph. The results obtained from the observation of the links’ local characteristics and the network’s robustness with respect to the removal of either weak or strong ties, confirm the hypothesis of Granovetter.

Fjalëkyçe. Rrjetat sociale, rrjetat me pesha të brinjëve, rrjetat e komunikimit.

1. Hyrje

Një nga komponentet kyçe të analizës së rrjetave sociale, është vendosja e lidhjeve midis karakteristikave lokale dhe arkitekturës që rrjetat manifestojnë në nivel global. Kjo realizohet nëpërmjet interpretimit se si procese të thjeshta lokale, tipare individuale të personave apo lidhjeve ndërmjet tyre, shtrijnë efektin dhe përcaktojnë, madje, strukturën e rrjetës nga pikpamja topologjike dhe funksionale. Në këtë aspekt, një nga hipotezat më të famshme në sociologji është e ashtuquajtura “forca e lidhjeve të dobëta” e parashtruar për herë të parë nga (Granovetter, 1973). Megjithë ndryshimet e mëdha që bota ka njohur, edhe në studimet e viteve të fundit konfirmohen gjetjet bazë të kësaj hipoteze, veçanërisht mbi efektet që struktura sociale ka në shtrirjen e influencës, përhapjen e informacionit, organizimin e grupeve sociale, në ekonomi si punësimi, çmimet, produktiviteti, risitë (Goleman, 2006; Granovetter, 2005).

Globalizimi i ekonomisë nga njëra anë dhe zgjerimi i mundësive për komunikim, njohje të reja dhe vendosje të marrëdhënieve midis njerëzve, nga ana tjetër, sjellin nevojën për testimin e kësaj hipoteze në një shkallë të gjerë, pra, në rrjeta sociale që përfshijnë numër të konsiderueshëm individësh në raporte sociale me njëri-tjetrin. Kjo është bërë e mundur vetëm në vitet e fundit nëpërmjet analizës së të dhënave elektronike që mundësohen nga rrjetat e komunikimit online, si facebook, twitter etj., e-mail ose të komunikimeve nëpërmjet telefonisë celulare. Një nga studimet më të hollësishme në këtë drejtim është ai i Onnela *at al.* (2007).

Në këtë punim synohet të testohet hipoteza e Granovetter në një rrjet social shqiptar i përftuar nga të dhënat e komunikimeve (thirrje dhe SMS) celulare midis abonentëve të një operatori që mundëson këtë shërbim në Shqipëri.

Në paragrafin në vijim jepet një përshkrim i të dhënave dhe filtrimit të tyre për ndërtimin e grafit që përfaqëson rrjetin social. Në paragrafin e tretë analizohen disa prej karakteristikave lokale të brinjëve në varësi të peshës së tyre. Roli i peshave të brinjëve në graf që nënkupton forcën e lidhjeve midis përdoruesve eksplorohet gjatë vëzhgimit të qëndrueshmërisë së grafit ndaj heqjes së brinjëve në paragrafin 4.

2. Përshkrimi i të dhënave dhe ndërtimi i rrjetit social

Në këtë punim janë përdorur rekordet e thirrjeve celulare dhe SMS-ve ndërmjet përdoruesve (anonimë) të një kompanie celulare që operon në Shqipëri, gjatë një periudhave njëmuajore. Rekordet janë të tipit $((i, j), t)$, që do të thotë se përdoruesi i ka telefonuar ose i ka dërguar një SMS përdoruesit j në kohën t (data/ora). Gjatë muajit në shqyrtim kanë qenë $\approx 7.6 \times 10^4$ përdorues aktivë që kanë gjeneruar mbi 2.6×10^6 thirrje dhe SMS.

Me të dhënat është ndërtuar një graf, në të cilin kulmet përfaqësojnë përdoruesit dhe brinjët lidhin çifte përdoruesish që gjatë këtij muaji kanë pasur të paktën nga një kontakt (thirrje ose SMS) reciprok ndërmjet tyre. Ky filtrim bëhet me qëllim që brinjët në *grafin reciprok GR* të ndërtuar të

reflektojnë drejtpërdrejt raporte reale sociale (familjare, miqësore, profesionale, afektive ose njohje) midis përdoruesve. Në këtë mënyrë, eliminohen thirrjet ose SMS-të vetëm në njërin drejtim, që në të shumtën e rasteve janë të vetme, e që nënkuptojnë se ndërmjet thirrësit dhe marrësit nuk ekziston një lidhje sociale ose për më tepër, nuk e njohin personalisht njëri-tjetrin. GR ka 39 535 kulme dhe 47 430 brinjë dhe komponentja më e madhe e lidhur KML e tij përfshin 70% të kulmeve.

Lidhjet midis individëve nuk janë thjesht të një natyre binare (prezente ose jo), përkundrazi, ato shfaqin një ndryshueshmëri të madhe në intensitetin dhe forcën e tyre, e cila jo vetëm nuk mund të injorohet, por është një element i domosdoshëm për të kuptuar më mirë modelin e sjelljes së individëve në shoqëri. Karakterizimi sasior i forcës së një lidhjeje bëhet duke i shoqëruar brinjës përkatëse në graf një vlerë numerike ose *peshë*. Pësja e madhe reflekton një lidhje të fortë, ndërsa pësja e vogël nënkupton lidhje të dobët ose thjesht, njohje.

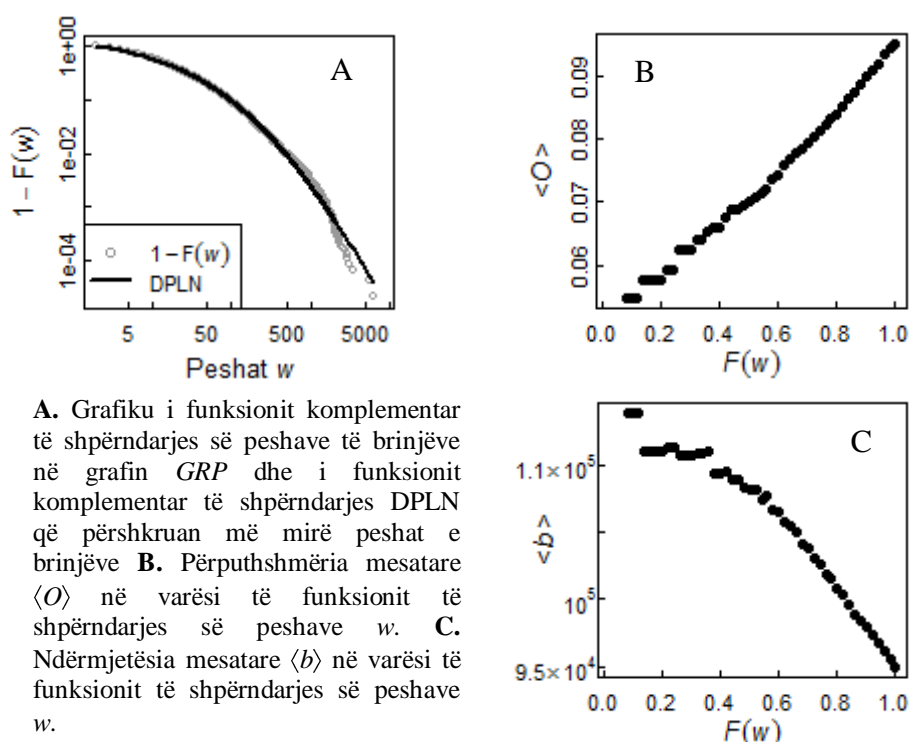
Në rrjetat e komunikimeve telefonike ose celulare, pësja e një brinje vlerësohet sipas volumit të komunikimeve të dy individëve të përfshirë në rrjet gjatë periudhës në shqyrtim, e cila është provuar se korrelohet me intensitetin e raportit social midis tyre (Eagle et al. 2009). Për këtë, çdo brinje ij në graf reciprok i korrespondon pësja w_{ij} e barabartë me numrin total të thirrjeve dhe SMS-ve të gjeneruara prej përdoruesve i dhe j gjatë muajit në shqyrtim, duke përfutur kështu, *grafin reciprok me pësja të brinjëve GRP*.

3. Karakteristikat e brinjëve sipas peshave

Në Figurën 1A është paraqitur grafiku i funksionit komplementar të shpërndarjes së peshave $1-F(w)$ në grafen GRP. Pësja e brinjëve karakterizohen nga një ndryshueshmëri e madhe e vlerave të tyre dhe ndërkohë që shumica e lidhjeve janë të dobëta, vetëm një numër i vogël i tyre janë shumë të forta. Pësja e brinjëve në grafen GRP shpjegohen më mirë me shpërndarjen Double Pareto Lognormal (DPLN). Vija e grafikut të funksionit komplementar të shpërndarjes DPLN(α , β , ν , τ) që përafrohet më mirë $1-F(w)$ është paraqitur në Figurën 1A. Parametrat e shpërndarjes DPLN ($\alpha = 2.7$, $\beta = 0.15$, $\nu = 3.6$, $\tau = 1.25$) janë përfutur duke përdorur metodën e përgjasisë maksimale. (Noka, 2014).

Sipas analizës në nivel lokal që Granovetter bën, raporti social ndërmjet dy individëve është i lidhur ngushtë me përputhshmërinë e rretheve miqësore të tyre, në kuptimin që sa më e fortë të jetë një lidhje aq më e madhe është kjo përputhshmëri. Numerikisht, *përputhshmëria* O_{ij} për dy kulme të lidhur i dhe j , përcaktohet nëpërmjet përputhshmërisë relative të fqinjëve të përbashkët të tyre, si më poshtë:

$$O_{ij} = \frac{n_{ij}}{(k_i - 1) + (k_j - 1) - n_{ij}}$$



A. Grafiku i funksionit komplementar të shpërndarjes së peshave të brinjëve në grafën *GRP* dhe i funksionit komplementar të shpërndarjes DPLN që përshkruan më mirë peshat e brinjëve B. Përputhshmëria mesatare $\langle O \rangle$ në varësi të funksionit të shpërndarjes së peshave w . C. Ndërmjetësia mesatare $\langle b \rangle$ në varësi të funksionit të shpërndarjes së peshave w .

Figura 1

ku n_{ij} është numri i fqinjëve të përbashkët të kulmeve i e j , ndërsa k_i, k_j janë përkatësisht fuqia e kulmeve i dhe j . (Onnela, 2007) Në rast se dy kulme fqinjë i dhe j nuk kanë asnjë fqinj të përbashkët, atëherë $O_{ij} = 0$, nëse i kanë të gjithë fqinjët e përbashkët, $O_{ij} = 1$. Në Figurën 1B është paraqitur grafiku i vlerave mesatare të O_{ij} në varësi të funksionit të shpërndarjes së peshave të brinjëve për grafën *GRP*, pra, përqindjes së brinjëve me peshë më të vogël se w . Trendi rritës tregon se me rritjen e peshave të brinjëve, përputhshmëria rritet. Ky rezultat është në linjë me hipotezën e Granovetter.

Në rrjetat sociale, është e rëndësishme të vlerësohet aftësia e tyre për shpërndarjen e informacionit. Roli që ka një lidhje $ij = e$ në këtë drejtim vlerësohet numerikisht me anë të ndërmjetësisë:

$$b_{ij} = \sum_{u \in V} \sum_{v \in V \setminus \{u\}} \frac{\sigma_{uv}(e)}{\sigma_{uv}},$$

ku $\sigma_{uv}(e)$ është numri i shtigjeve më të shkurtra me skaje u e v që kalojnë në brinjën e , dhe σ_{uv} është numri total i shtigjeve më të shkurtra me skaje u e v .

Pra, ndërmjetësia e një lidhjeje shpreh numrin shtigjeve më të shkurtra që kalojnë nëpërmjet kësaj lidhjeje. Në rrjetat që janë të fragmentuara në grupe ose komunitete, brinjët që lidhin grupet kanë ndërmjetësi të lartë (Girvan & Newman, 2002). Ndërmjetësia mesatare e brinjëve në varësi të funksionit të shpërndarjes së peshave të brinjëve për grafën *GRP* është paraqitur me

grafikun e Figurës 1C. Sa më të vogla janë peshat e brinjëve, aq më e madhe është ndërmjetësia e tyre. Ky fakt është një tregues se lidhjet e dobëta janë të lokalizuara midis grupeve të ndryshme sociale.

4. Roli i peshave të brinjëve në nivelin global

Për të vlerësuar rolin që kanë lidhjet ndërmjet individëve në topologjinë e rrjetës dhe se si karakteristikat lokale të tyre transmetohen në nivelin global, eksplorohet qëndrueshmëria e grafit GRP ndaj heqjes së brinjëve, nëpërmjet perkolimit.

Heqja e brinjëve nga rrjeta nuk bëhet rastësore, por bazuar në vlerat e peshës së tyre w_{ij} , të përputhshmërisë O_{ij} ose të ndërmjetësisë b_{ij} sipas dy drejtimeve, nga vlerat më të ulëta tek ato më të larta dhe anasjelltas. Një parametër kontrolli f tregon pjesën e brinjëve të hequra dhe merr vlerat nga $f = 0$ në momentin fillestar kur asnjë brinjë nuk është hequr, në $f = 1$ kur grafi përbëhet vetëm nga një bashkësi kulmesh të izoluara. Përgjigja e rrjetës ndaj këtij procesi monitorohet nëpërmjet vlerave të madhësive që karakterizojnë topologjinë e saj, si funksione të parametrut f : (1) Rendi i komponentes më të madhe të lidhur R_{KML} , si pjesa e kulmeve të KML në grafin GRP për $f = 0$. (2) “ndjeshmëria” $S = \sum_s s^2 n_s / N$, ku n_s është numri i komponenteve të lidhura me s kulme. (3) koeficienti mesatar i klusterizimit $\langle C \rangle$ dhe (4) gjatësia mesatare e rrugëve më të shkurtra $\langle l \rangle$. Rezultatet janë paraqitur në Figurën 2. Me ngjyrë gri paraqitet grafiku i vlerave të secilës madhësi gjatë heqjes së brinjëve me pesha w_{ij} (kolona e parë), përputhshmëri O_{ij} (kolona e dytë), ndërmjetësi b_{ij} (kolona e tretë) në drejtimin nga më e ulëta tek më e larta, dhe me ngjyrë të zezë vlerat e këtyre madhësive gjatë heqjes së brinjëve në drejtimin e kundërt në varësi të parametrut f .

Grafikët e rreshtit të parë dëshmojnë se heqja e brinjëve në rendin rritës të w_{ij} , O_{ij} dhe në rendin zbritës të b_{ij} shkakton shpërbërjen më të shpejtë të rrjetës.

Në rreshtin e dytë pasqyrohet ndryshimi i vlerave të $S = \sum_s s^2 n_s / N$, e cila i korrespondon rendit mesatar të komponenteve të lidhura të rrjetës në varësi të parametrut f , duke përjashtuar komponenten më të madhe të lidhur korrente. S reflekton “ndjeshmërinë” e rrjetës ndaj heqjes së brinjëve në secilin drejtim. Vihet re që gjatë heqjes së brinjëve në rendin rritës të w_{ij} , O_{ij} dhe në rendin zbritës të b_{ij} , grafikët përkatës kanë një “pik”. Kjo tregon se rrjeta kalon nëpër një fazë kalimtare, gjatë së cilës ajo “copëtohet” në komponente relativisht të mëdha e që kulmon me një moment kritik. Sipas teorisë së perkolimit, kur ndodh një kolaps (“zhdukja” e KML) i rrjetës në f_c , atëherë S divergjion kur $f \rightarrow f_c$ për një sistem të pafundëm. Dëshmia e kësaj divergjence është qartësisht e dukshme gjatë heqjes së brinjëve sipas rendit rritës të w_{ij} , O_{ij} dhe sipas rendit zbritës të b_{ij} , për vlera të parametrut $f_c^w = 0.55$, $f_c^O = 0.5$ dhe $f_c^b = 0.2$. Referuar vlerave përkatëse të $R_{KML}(f_c^w)$, $R_{KML}(f_c^O)$ dhe $R_{KML}(f_c^b)$, pikërisht, gjatë kësaj faze KML është “zhdukur”

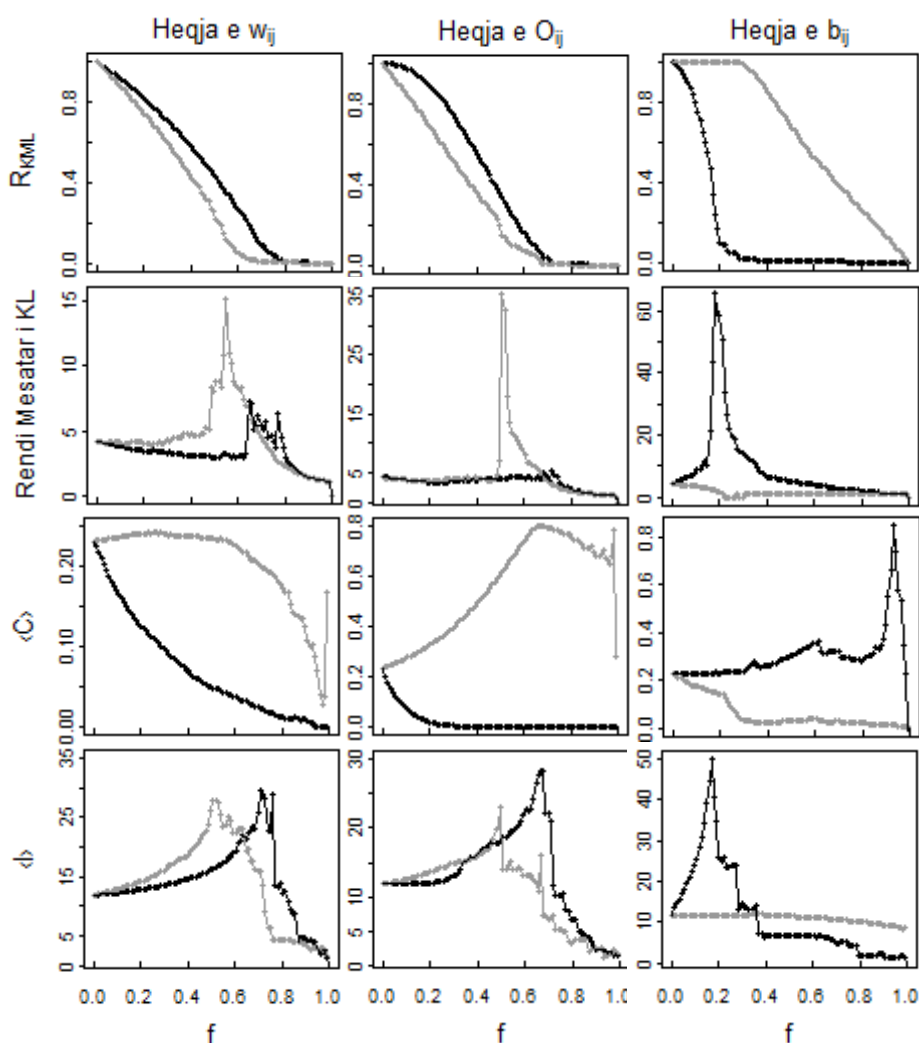


Figura 2. Qëndrueshmëria e grafit *GRP* ndaj heqjes së brinjëve

dhe ndodh shpërbërja e plotë e rrjetës. Kur brinjët hiqen në rendin zbritës të w_{ij} , O_{ij} , dhe në rendin rritës të b_{ij} , “ndjeshmëria” është e papërfillshme, dhe kjo reflektohet me zvogëlimin më gradual të vlerave respektive të R_{KML} . Këto rezultate dëshmojnë se roli në nivel global i lidhjeve të dobëta dhe i lidhjeve të forta në rrjetat sociale është cilësisht i ndryshëm. Lidhjet e dobëta janë të domosdoshme për lidhjen globale të rrjetës.

Grafikët e vlerave të koeficientit mesatar të klasterizimit $\langle C \rangle$ në varësi të parametrin f janë paraqitur në rreshtin e tretë. Panorama që ato japin është në përputhje të plotë me rezultatet e arritura më sipër. $\langle C \rangle$ jep densitetin e brinjëve përreth fqinjëve më të afërt të kulmeve. Vlera të larta të $\langle C \rangle$ dëshmojnë për tendencën lokale të rrjetës për të krijuar klika, ose grupe të lidhur që njihen ndryshe si “komunitete”. $\langle C \rangle$ llogaritet si raporti i numrit të

trekëndëshave në rrjetë ndaj numrit total të mundshëm të tyre ndërmjet kulmeve me fuqi më të madhe se një. Fakti që heqja e lidhjeve të dobëta deri në $f^w \approx 0.6$, nuk ndikon në vlerat e $\langle C \rangle$, tregon se këto lidhje janë të lokalizuara më së shumti ndërmjet grupeve sociale dhe nuk bëjnë pjesë në trekëndëshat. Përkundërasi, kurba konvekse që shfaqet nga heqja e lidhjeve të forta dëshmon se këto lidhje ndodhen brenda grupeve sociale, pikërisht ku është e përqendruar dhe prania e trekëndëshave. Vlerat e $\langle C \rangle$ zvogëlohen shumë më shpejt nga heqja e lidhjeve me përputhshmëri të lartë dhe për $f^0 = 0.3$, $\langle C \rangle = 0$.

Në të kundërt, heqja e lidhjeve me O_{ij} të ulët çon në rritjen e $\langle C \rangle$ dhe për $f^0 = 0.65$, koeficienti mesatar i klasterizimit arrin një vlerë të konsiderueshme në $\langle C \rangle = 0.8$. Të gjitha këto lidhje që përbëjnë 65% të brinjëve të rrjetës kanë përputhshmëri $O_{ij} = 0$, pra, janë lidhje ndërmjet individësh që nuk kanë asnjë kontakt të përbashkët, pra, bëjnë pjesë në grupe të ndryshme sociale. Kjo dëshmon që struktura e rrjetës është e fragmentuar në komunitete, të cilat mund të evidentohen lehtë nëpërmjet heqjes së lidhjeve me përputhshmëri të ulët. Në lidhje me koeficientin mesatar të klasterizimit, situata që paraqet heqja e brinjëve me ndërmjetësi të ulët është e ngjashme me heqjen e brinjëve me përputhshmëri të lartë dhe ansjelltas.

Një tjetër madhësi që karakterizon një rrjetë është gjatësia mesatare $\langle l \rangle$ e shtigjeve më të shkurtra që lidhin një çift të çfarëdoshëm kulmesh. Kjo madhësi është një tregues në aspektin funksional të rrjetës dhe efikasitetin e saj në transmetimin dhe përhapjen e informacionit. Për çdo vlerë të parametrimit f , $\langle l \rangle$ është llogaritur për kulmet që ndodhen në *KML* korrente të rrjetës. Heqja e brinjëve, fillimisht me w_{ij} , O_{ij} të larta rrit vlerat e $\langle l \rangle$ më gradualisht dhe kulmimi i rritjes së $\langle l \rangle$ arrihet me shpejt nga heqja e tyre në drejtimin e kundërt. Ky efekti, por në invers, shfaqet dukshëm nga heqja e brinjëve sipas vlerave të b_{ij} . Kjo është e pritshme, pasi brinjët me ndërmjetësi të lartë kanë ndikim të drejtpërdrejtë tek vlerat e $\langle l \rangle$.

Konkluzione

Të dhënat mbi komunikimet nëpërmjet telefonisë celulare përbëjnë një databazë të vlefshme në analizën e rrjetave sociale, si në aspektin e informacionit mbi raportet që krijojnë individët midis tyre, ashtu edhe në studimin në shkallë të gjerë të strukturës sociale. Në këtë punim, u shfrytëzuan të dhënat një mujore të komunikimeve (thirrje dhe SMS) midis përdoruesve të një kompanie celulare që operon në Shqipëri, për ndërtimin e një grafi që reflekton një rrjet social, i cili përfshin një numër të konsiderueshëm individësh.

Një nga avantazhet e studimit të rrjetave të komunikimeve celulare, është se referuar intensitetit të komunikimeve midis dy individëve, mundësohet informacioni mbi forcën e raportit social ndërmjet tyre. E shprehur kjo, numerikisht, me peshat e brinjëve të grafit që analizohet, është gjetur që lidhjet karakterizohen nga një ndryshueshmëri e lartë. Vetitë lokale të tyre

janë në të njëjtën linjë me hipotezën e lidhjeve të dobëta. Nëpërmjet monitorimit të qëndrueshmërisë së rrjetës ndaj heqjes së lidhjeve sipas forcës së tyre, është provuar shtrirja e efektit të cilësive individuale të lidhjeve në nivelin global. Lidhjet e forta krijojnë grupe sociale individësh me dendësi të lartë lidhjesh midis tyre, ndërsa lidhjet e dobëta janë të lokalizuara ndërmjet grupeve të ndryshme sociale.

Rrjedhimisht, heqja e lidhjeve të forta shkakton prishjen e grupeve, por nuk ka ndikim të fortë në lidhjen globale të rrjetës. Përkundërazi, lidhjet e dobëta, duke shërbyer si ura lidhëse midis grupeve, luajnë një rol kyç për të mbajtur të lidhur rrjetën. Ky fakt tregon se janë pikërisht lidhjet e dobëta, apo njohjet, dhe jo rrethi miqësor i ngushtë, ato që bëjnë të mundur lidhjen tonë me burime të reja informacioni, krijimin e mundësive të reja për ndryshim etj. Një lidhje e dobët, por një urë e fortë, kjo është forca e lidhjeve të dobëta.

Literatura

Eagle N., Pentland A., Lazer D. (2009): Inferring friendship network structure by using mobile phone data. PNAS, Vol. 106, No. 36, 15274–15278

Girvan M, Newman M. E. J. (2002): Community structure in social and biological networks. PNAS, Vol. 99, No. 12, 7821–7826

Goleman. D. (2006): Social intelligence. New York: Bantam

Granovetter M. S. (1973): The Strength of Weak Ties. AJS, Vol 78, No 6, 1360–1380

Granovetter M. S. (2005): The Impact of Social Structure on Economic Outcomes. Journal of Economic Perspectives, Vol 19, No 1, 33–50

Noka(Jani) E. (2014): Vertex degree distribution in mobile call networks. Proceeding's book of SPNA 2014, 76-81.

Onnela J.P., Saramaäki J., Hyvöven J., Szabó G., Argollo de Menezes M., Kaski K., Barabási A. L. (2007): Structure and Tie Strengths in Mobile Communication Networks. PNAS, Vol.104, No. 18, 7332-7336