

# Višeagentski sustav za pružanje telekomunikacijskih usluga zasnovan na profilima korisnika

---

Podobnik, Vedran

Doctoral thesis / Disertacija

2010

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:349270>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repozitory](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Vedran Podobnik

**VIŠEAGENTSKI SUSTAV ZA PRUŽANJE  
TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA  
ZASNOVAN NA PROFILIMA KORISNIKA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Zagreb, 2010.

Doktorska disertacija je izrađena u Zavodu za telekomunikacije Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor: prof.dr.sc. Ignac Lovrek

Doktorska disertacija ima: 159 stranica

Disertacija br.:

Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije:

1. Dr.sc. Damir Kalpić, redoviti profesor  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva
2. Dr.sc. Ignac Lovrek, redoviti profesor  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva
3. Dr.sc. Darko Huljениć, naslovni docent  
Ericsson Nikola Tesla, Zagreb

Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:

1. Dr.sc. Damir Kalpić, redoviti profesor  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva
2. Dr.sc. Ignac Lovrek, redoviti profesor  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva
3. Dr.sc. Darko Huljениć, naslovni docent  
Ericsson Nikola Tesla, Zagreb
4. Dr.sc. Vlado Glavinić, redoviti profesor  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva
5. Dr.sc. Gordan Ježić, izvanredni profesor  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva

Datum obrane disertacije: 09. srpnja 2010. godine

# Zahvala

Ova disertacija za mene predstavlja mnogo više od sažetka jednog istraživanja – ona je za mene stizanje na kraj jednog puta koji je bio obilježen mnogim dobrim ljudima te brojnim lijepim iskustvima. Stoga ću iskoristiti ovu stranicu da se zahvalim osobama zbog kojih mi je svaki dan u protekle četiri godine predstavljao novi profesionalni izazov.

Najprije, puno hvala kolegama iz industrije, prije svega tvrtke Ericsson Nikola Tesla. Kruno me je upoznao s većinom tehnologija na kojima sam temeljio svoje istraživanje i bio velika potpora još od *Summer Campa* daleke 2005. godine.

Nadalje, imao sam čast biti voditelj u izradi diplomskog rada mnogim izvrsnim studentima. Neki od njih (Rebeka, Fran, Luka, Marko, ...) istraživali su teme usko povezane s ovom disertacijom te mi svojim rezultatima mnogo pomogli u usmjeravanju istraživanja.

Tijekom doktorskog istraživanja surađivao sam gotovo sa svim kolegama na Zavodu za telekomunikacije Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu te bih se svima želio zahvaliti na pomoći i savjetima. Veliko hvala onima s kojima sam na popodnevnim kavama u kolegiju Zavoda započinjao drugu smjenu te kolegama iz dvije „Ericsson sobe“ – Agati, Ani, Ivi, Kreši, Kruni, Mirku i Tomislavu. I naravno, posebno hvala Ogiju.

Hvala prof.dr.sc. Ignacu Lovreku, mom mentoru na diplomskom i doktorskome studiju, koji je imao najveći utjecaj na moj profesionalni razvoj u posljednjih šest godina, pa i više od toga. Hvala mu na svojoj slobodi koju mi je davao sve ovo vrijeme, ali i na svim savjetima kojima me vraćao na „pravi put“ kada sam se zbog te slobode izgubio. Hvala mu na podršci. Drago mi je što sam prihvatio njegov savjet da zaokružim svoje školovanje s doktorskim studijem.

I na kraju, hvala onima koji su najzaslužniji da ova disertacija uopće postoji. Vjerojatno ne razumiju previše od onoga što je napisano u njoj, ali da nije bilo njihove bezuvjetne ljubavi i svakodnevnih odricanja, ova disertacija nikad niti ne bi bila napisana. Mama, Tata, Seka – hvala vam...

Vedran Podobnik

*Baki Franki, za sve...*

# Sadržaj

<b>Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Evolucija telekomunikacijske industrije i pružanje usluga u novoj generaciji mreža .....</b>	<b>3</b>
1.1 Ideja rješenja .....	3
1.2 Nova generacija mreža.....	5
1.2.1 Životne navike ljudi .....	5
1.2.2 Tehnološki razvoj ICT-sektora .....	6
1.2.3 Novi poslovni model za telekomunikacijske tvrtke.....	6
1.2.4 Konvergencija u novoj generaciji mreža .....	8
1.3 Društvene mreže temeljene na ICT-infrastrukturi .....	9
1.3.1 Razvoj društvenih mreža temeljenih na ICT-infrastrukturi .....	11
1.3.2 Obilježja društvenih mreža temeljenih na ICT-infrastrukturi.....	17
1.4 Referentni model nove generacije mreža.....	19
1.5 Sudionici i procesi na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga.....	20
<b>2 Ostvarenje B2C-telekomunikacijskog tržišta pomoću programskih agenata.....</b>	<b>23</b>
2.1 Inteligentni programski agenti .....	23
2.2 Ostvarenje ideje rješenja pomoću višeagentskog sustava.....	26
2.3 Model i formalni opis korisničkih agenata .....	27
2.4 Model i formalni opis poslovnog agenta.....	29
<b>3 Profili korisnika telekomunikacijskih usluga .....</b>	<b>32</b>
3.1 Istraživanje i normiranje na području korisničkih profila.....	32
3.1.1 Composite Capabilities/Preferences Profile .....	35
3.1.2 User Agent Profile .....	36
3.1.3 Ostale norme za opisivanje korisničkih profila .....	37

3.2	Tehnologije semantičkog weba.....	37
3.2.1	Ontologije.....	38
3.2.2	Podaci, informacije i znanje o korisniku.....	39
3.2.3	Elementi izgradnje semantičkog weba.....	40
3.2.4	Pohrana semantičkog znanja .....	45
3.3	Profil korisnika telekomunikacijskih usluga u novoj generaciji mreža.....	48
3.3.1	Vrsta korisničkog uređaja.....	49
3.3.2	Sklopovlje korisničkog uređaja.....	50
3.3.3	Programska podrška na korisničkom uređaju.....	51
3.3.4	Korisnički interesi i preferencije.....	52
3.3.5	Korisnički kontekst .....	53
3.3.6	Prijedlog korisničkog profila.....	55
<b>4</b>	<b>Društvena mreža korisnika telekomunikacijskih usluga .....</b>	<b>58</b>
4.1	Formalni opis društvene mreže.....	60
4.1.1	Neusmjereni graf.....	60
4.1.2	Usmjereni graf.....	62
4.1.3	Težinski graf.....	63
4.1.4	Ostale vrste grafova .....	65
4.1.5	Matrični opis društvenih mreža .....	67
4.2	Mehanizmi za stvaranje implicitne društvene mreže .....	69
4.2.1	Mehanizam za izdvajanje korisničkih profila .....	70
4.2.2	Mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila .....	70
4.2.3	Mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika.....	80
4.3	Analiza društvene mreže.....	85
4.3.1	Opisna svojstva društvene mreže .....	88
4.3.2	Strukturalna svojstva društvene mreže .....	91
4.3.3	Grupiranje članova društvene mreže.....	95
4.3.4	Programska podrška za analizu društvenih mreža.....	102



<b>5</b>	<b>Višeagentski sustav za pružanje usluga zasnovan na konceptu društvene mreže .....</b>	<b>105</b>
5.1	Arhitektura i funkcionalnosti višeagentskog sustava.....	105
5.2	Studijski primjer: stvaranje skupine korisnika za suradnu uslugu.....	111
5.3	Studijski primjer: identifikacija istaknutih članova društvene mreže za usluge preporučivanja.....	117
	<b>Zaključak i budući rad .....</b>	<b>121</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>123</b>
	<b>Prilog: korisnički profili .....</b>	<b>144</b>
	<b>Sažetak.....</b>	<b>154</b>
	<b>Abstract.....</b>	<b>155</b>
	<b>Ključne riječi .....</b>	<b>156</b>
	<b>Keywords .....</b>	<b>157</b>
	<b>Životopis.....</b>	<b>158</b>
	<b>Biographical note.....</b>	<b>159</b>

# Popis slika

Sl. 1.1. Ideja rješenja .....	4
Sl. 1.2. Pružanje usluga u novoj generaciji mreža .....	7
Sl. 1.3. Konvergencija karakteristična za novu generaciju mreže .....	8
Sl. 1.4. Vrijednosni lanac u ICT-sektoru.....	9
Sl. 1.5. Distribucija korisnika usluga društvenih web-stranica po godinama.....	10
Sl. 1.6. Vremenski slijed pokretanja najznačajnijih društvenih web-stranica .....	12
Sl. 1.7. Prikaz početne korisničke stranice na društvenoj web-stranici <i>Facebook</i> .....	15
Sl. 1.8. <i>Facebook</i> profil njegovog osnivača Marka Zuckerberga .....	16
Sl. 1.9. Strukturalne varijacije i vidljivost korisničkih profila.....	18
Sl. 1.10. Referentni model NGN-a prema standardizacijskom tijelu ITU-T .....	19
Sl. 1.11. Nova generacija mreža: sudionici na tržištu.....	21
Sl. 1.12. Procesi na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga prema radnom okviru eTOM .....	22
Sl. 2.1. Model inteligentnog programskog agenta .....	24
Sl. 2.2. Ostvarenje rješenja višeagentskim sustavom .....	26
Sl. 2.3. Korisnički agent: model .....	27
Sl. 2.4. Poslovni agent: model .....	29
Sl. 3.1. Životni ciklus korisničkog profila .....	33
Sl. 3.2. Primjer stablaste strukture CC/PP-profila .....	36
Sl. 3.3. DIKW-hijerarhija .....	39
Sl. 3.4. Elementi izgradnje semantičkog weba.....	41
Sl. 3.5. Grafički prikaz strukture XML-dokumenta .....	42
Sl. 3.6. Grafički prikaz strukture subjekt-predikat-objekt izjave .....	43
Sl. 3.7. Primjer osnovnih RDFS-konstrukata.....	44
Sl. 3.8. Struktura korisničkog profila .....	48

Sl. 3.9. Dio ontologije koji opisuje vrstu korisničkog uređaja .....	49
Sl. 3.10. Dio ontologije koji opisuje sklopovlje korisničkog uređaja .....	50
Sl. 3.11. Dio ontologije koji opisuje programsku podršku na korisničkom uređaju.....	51
Sl. 3.12. Dio ontologije koji opisuje korisničke interese i preferencije .....	52
Sl. 3.13. Dio ontologije koji opisuje korisnički kontekst.....	54
Sl. 3.14. Prijedlog korisničkog profila .....	56
Sl. 4.1. Stvaranje i analiza društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga .....	59
Sl. 4.2. Primjer neusmjerenog grafa.....	62
Sl. 4.3. Primjer usmjerenog grafa.....	63
Sl. 4.4. Primjer težinskog grafa.....	64
Sl. 4.5. Primjer posebne podvrste težinskog grafa.....	65
Sl. 4.6. Primjer bipartitnog grafa .....	66
Sl. 4.7. Izračun sličnosti na temelju položaja u ontologiji .....	73
Sl. 4.8. Društvena mreža korisnika telekomunikacijskih usluga (težinski graf).....	83
Sl. 4.9. Društvena mreža korisnika usluga predočena dihotomiziranim grafom .....	84
Sl. 4.10. Prvi korak algoritma <i>K-Means</i> .....	97
Sl. 4.11. Drugi korak algoritma <i>K-Means</i> .....	98
Sl. 4.12. Treći korak algoritma <i>K-Means</i> .....	98
Sl. 5.1. Arhitektura višeeagentskog sustava.....	106
Sl. 5.2. Dijagram klasa za korisničkog agenta ( <i>UserAgent</i> ) .....	107
Sl. 5.3. Dijagram klasa za poslovnog agenta ( <i>TelcoAgent</i> ) .....	108
Sl. 5.4. <i>Sesame</i> poslužitelj .....	110
Sl. 5.5. Proces identifikacije korisnika suradnih usluga.....	112
Sl. 5.6. Razdioba članova promatrane društvene mreže po skupinama.....	115
Sl. 5.7. Komunikacija u višeeagentskom sustavu tijekom dogovaranja suradne usluge .....	116
Sl. 5.8. Relativni odnos vrijednosti centralnosti blizine za korisnike iz društvene mreže definirane matricom susjedstva iz Izraza (4.33) .....	120

# Popis tablica

Tab. 3.1. Popis atributa korisničkog profila koji opisuju sklopovlje korisničkog uređaja.....	50
Tab. 3.2. Popis atributa korisničkog profila koji opisuju programsku podršku na korisničkom uređaju.....	51
Tab. 3.3. Popis atributa korisničkog profila koji opisuju korisničke interese i preferencije .....	53
Tab. 3.4. Popis atributa korisničkog profila koji opisuju korisnički kontekst .....	55
Tab. 4.1. Primjer usporedbe dva korisnička profila .....	79
Tab. 4.2. Matrica sličnosti korisničkih profila.....	81
Tab. 5.1. Razdioba članova promatrane društvene mreže po skupinama.....	115
Tab. 5.2. Vrijednosti centralnosti blizine za korisnike iz društvene mreže definirane matricom susjedstva iz Izraza (4.33) .....	120

# Popis ispisa

Isp. 3.1. Primjer XML-dokumenta .....	41
Isp. 3.2. Primjer subjekt-predikat-objekt izjave .....	43
Isp. 3.3. Primjer jednostavnog RDQL-upita .....	47
Isp. 3.4. Primjer složenijeg RDQL-upita .....	47
Isp. 3.5. Prijedlog korisničkog profila (RDF-dokument) .....	57
Isp. 4.1. Pseudokod za izračun sličnosti na temelju relativnog položaja u ontologiji .....	75
Isp. 4.2. Pseudokod za izračun sličnosti atributa kojima je kodomena definirana primitivnim tipovima podataka .....	76
Isp. 4.3. Pseudokod za izračun sličnosti dva korisnička profila .....	78

# Uvod

Istraživanja u području upravljanja pružanjem usluga u novoj generaciji mreža imaju za cilj omogućavanje usluga koje su personalizirane, svjesne trenutnog konteksta, pokretne i uvijek dostupne. Pristup predložen u disertaciji, a koji omogućava prva dva zahtjeva te podržava ostala dva, jest stvaranje virtualnih predstavnika, korisničkih agenata, koji autonomno zastupaju korisnike u interakcijama s virtualnim predstavnicima drugih korisnika, odnosno virtualnim predstavnikom davatelja usluga, poslovnim agentom, na tržištu telekomunikacijskih usluga. Korisnički agent stvara i upravlja korisničkim profilom te na taj način raspolaze znanjem o opremi, interesima, preferencijama i kontekstu svojih vlasnika. Korisnički agent svoje znanje o korisnicima dijeli s poslovnim agentom, kako bi svojem vlasniku osigurao usluge koje su personalizirane i svjesne trenutnog konteksta. Poslovni agent znanje o korisnicima primjenjuje za stvaranje društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga, koju gradi primjenom implicitnog pristupa na temelju semantičke sličnosti korisničkih profila, bez izravnog uplitanja korisnika u sam proces. Analiza tako stvorene društvene mreže omogućuje davatelju usluga otkrivanje skrivenih uloga, skrivenih odnosa i skrivenih zajednica među korisnicima te na taj način predstavlja temelj za pružanje inovativnih usluga u okružju nove generacije mreža.

Prvo poglavlje započinje predstavljanjem ideje rješenja predloženog disertacijom. Poglavlje se nastavlja opisom nove generacije mreža kao sljedeće faze u evoluciji telekomunikacijske industrije te koncepta društvenog umrežavanja kao fenomena koji objašnjava tehničke, sociološke i ekonomske promjene koje se događaju unutar informacijskog i komunikacijskog sektora. Nadalje, identificiraju se sudionici i procesi na tržištu telekomunikacijskih usluga, s posebnim naglaskom na odnos između korisnika i davatelja usluga. Poglavlje završava definicijom telekomunikacijske usluge u novoj generaciji mreža.

Inteligentni programski agenti, i kao logički koncept i kao programska paradigma, omogućavaju stvaranje opisanih virtualnih predstavnika sposobnih da izvrše zadatak koji im je povjeren od strane njihovih vlasnika, bilo korisnika bilo davatelja usluga. Drugo poglavlje započinje definicijom programskog agenta te opisom njegovih osnovnih obilježja. Zatim se predlaže način ostvarenja ideje rješenja pomoću višeagentskog sustava koji se sastoji od dvije vrste agenata: korisničkih agenata i poslovnog agenta. Korisnički agenti predstavljaju korisnike telekomunikacijskih usluga dok poslovni agenti predstavljaju davatelje usluga na tržištu elektroničkih komunikacija. Obje vrste agenata su predstavljene pomoću modela inteligentnog programskog agenta, a zatim i formalnim opisom.

Svaki je korisnik određen mnoštvom atributa od kojih neki kontinuirano mijenjaju svoje vrijednosti. Tehnologije semantičkog weba omogućuju izgradnju profila u računalno razumljivom obliku, dok profiliranje korisnika omogućuje davateljima usluga pružanje usluga koje su personalizirane i svjesne trenutnog konteksta. Treće poglavlje započinje predstavljanjem povezanih istraživanja na području profiliranja korisnika te pregledom normiranja na tom području. Potreba za formalnim opisom informacija i njihovim zapisom u računalno razumljivom formatu rezultirala je stvaranjem niza jezika koji se zajedničkim imenom nazivaju tehnologije semantičkog weba. Uza same metode oblikovanja i pohrane informacija u računalno razumljivom obliku, ovo poglavlje analizira i moguće načine dohvata pohranjenih informacija. Nadalje, objašnjeno je kako upotrebom tehnologija semantičkog weba stvoriti korisnički profil. Na kraju poglavlja predstavljen je prijedlog korisničkog profila koji se koristi u disertaciji, a sadrži informacije o korisničkim uređajima, interesima, preferencijama te kontekstne informacije.

Četvrto poglavlje se bavi stvaranjem i analizom društvenih mreža. Poglavlje započinje usporedbom dva pristupa u stvaranju društvenih mreža: eksplicitnog, koji koriste društvene web-stranice, i implicitnog, koji se predlaže u disertaciji. Zatim se predstavlja formalni opis društvene mreže, nakon čega su predloženi mehanizmi za stvaranje društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga, koji su i demonstrirani primjerom. Poglavlje završava pregledom postupaka za analizu društvenih mreža te kratkim pregledom programske podrške koja omogućava primjenu opisanih postupaka na stvorenoj društvenoj mreži.

Peto, završno, poglavlje disertacije predstavlja arhitekturu i funkcionalnost implementiranog višeagentskog sustava koji modelira telekomunikacijsko tržište u okružju nove generacije mreža, a sastavljen je od korisničkih agenata i poslovnog agenta. Eksperimentalno su verificirana dva studijska slučaja: prvi predlaže stvaranje skupine korisnika za suradnu uslugu, a drugi identifikaciju istaknutih članova društvene mreže za omogućavanje usluge preporučivanja.

# Poglavlje 1

---

## EVOLUCIJA TELEKOMUNIKACIJSKE INDUSTRIJE I PRUŽANJE USLUGA U NOVOJ GENERACIJI MREŽA

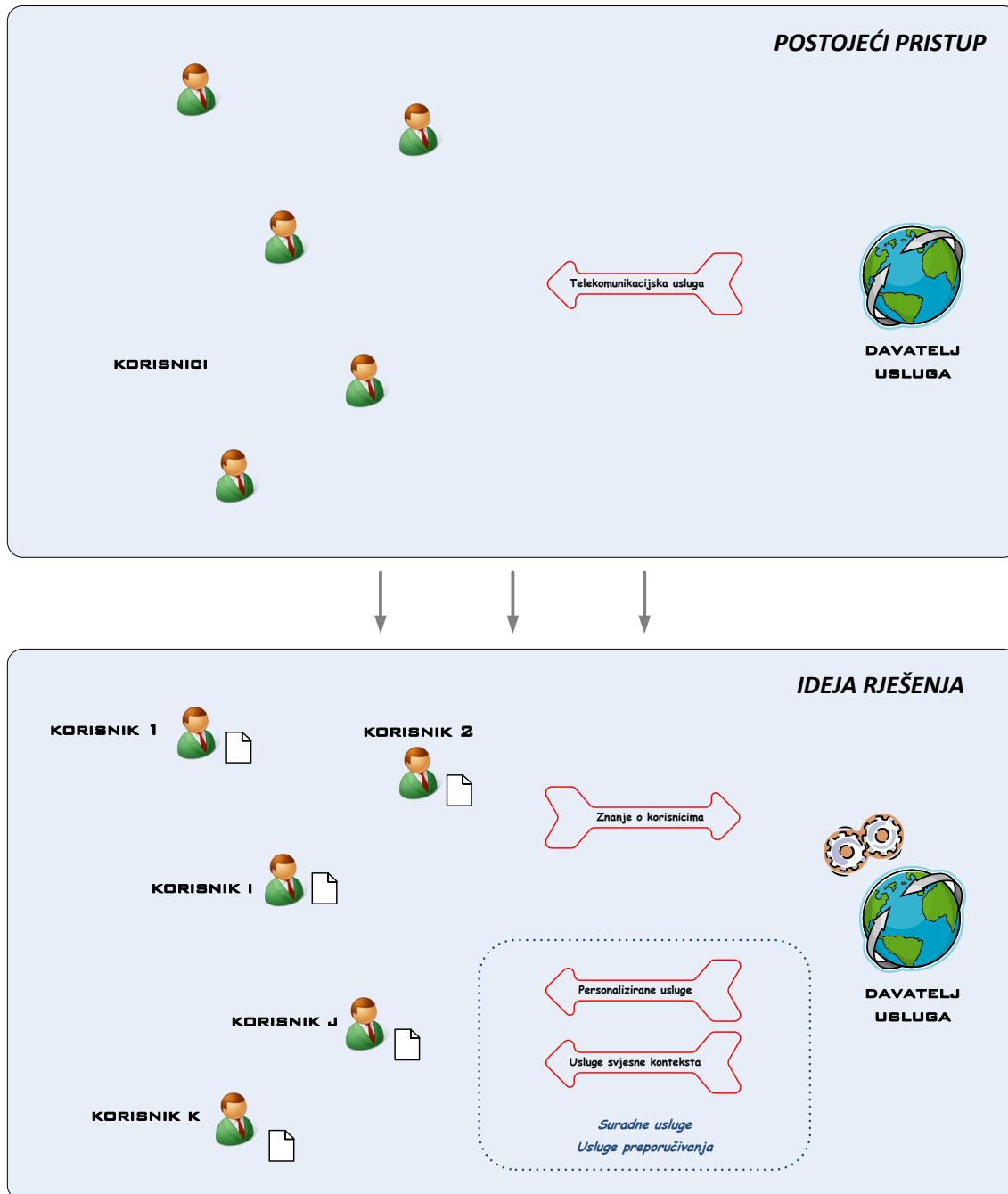
Na početku poglavlja predstavljena je ideja rješenja za probleme definirane u uvodu. Poglavlje se nastavlja s opisom nove generacije mreža kao sljedeće faze u evoluciji telekomunikacijske industrije te koncepta društvenog umrežavanja kao fenomena koji vrlo dobro objašnjava tehničke, sociološke i ekonomske promjene koje se događaju unutar ICT (*Information and Communications Technology*) sektora. Nadalje, identificiraju se sudionici i procesi na B2C (*Business-to-Consumer*) tržištu telekomunikacijskih usluga. Poglavlje završava definicijom telekomunikacijske usluge u novoj generaciji mreža.

### 1.1 Ideja rješenja

Velika zasićenost telekomunikacijskog tržišta uzrok je sve izraženijeg natjecanja među davateljima usluga (telekomunikacijskim operatorima, engl. *telcos*). Okruženje u kojem je prisutna velika konkurencija među poslovnim entitetima nužno vodi do smanjivanja dobiti. Stoga, davatelji usluga moraju redefinirati svoju ulogu na tržištu i razviti nove poslovne modele, kako bi stvorili nove izvore prihoda i stekli kompetitivnu prednost [1]. Moguće rješenje krije se u transformaciji davatelja usluga u poslovne entitete koje karakteriziraju izražena *usmjerenost prema korisnicima* i visoka razina *inovativnosti* [2]. U takvom scenariju više nije bitno samo optimizirati procese vezane uz transport podataka kroz mrežnu infrastrukturu, već je naglasak na poslovnim procesima koji opisuju kako pružiti telekomunikacijsku uslugu te koordinirati odnos između svakog pojedinog korisnika i davatelja usluga. Da bi se to postiglo vrlo je važno



da davatelji usluga efikasno *upravlja*ju znanjem o svojim korisnicima – to znači da nije dovoljno samo prikupiti i pohraniti znanje o korisnicima, već ga je potrebno i iskoristiti na način koji omogućava unaprjeđenje poslovnih procesa [3]. Rješenja uključuju sustave za preporučivanje [4][5][6][7][8][9][10][11] te personalizirano oglašavanje na temelju prošlog ponašanja korisnika [12][13][14].



Sl. 1.1. Ideja rješenja

Ideja rješenja koje je predloženo u ovoj disertaciji prikazana je na Sl. 1.1. Može se vidjeti da je glavna odrednica predložene ideje zamjena postojećeg pristupa u pružanju telekomunikacijskih usluga gdje se neka usluga nudi svim korisnicima u istom obliku s novim pristupom gdje davatelj usluge individualno promatra svakog pojedinog korisnika. Da bi to bilo moguće nužno je osigurati da svakom korisniku bude pridružen njegov *profil* koji je ujedno dostupan i davatelju usluga – na taj se način davatelju usluga omogućuju prikupljanje i pohrana *znanja o korisnicima*. Nadalje, davatelji usluga koriste znanje o korisnicima pružajući im usluge koje su *personalizirane te svjesne trenutnog konteksta*.

## 1.2 Nova generacija mreža

Preporuka ITU-T-a<sup>1</sup> Y.2001 [15] daje općenitu definiciju NGN-a (engl. *Next-Generation Network, NGN*), jedne od implementacija nove generacije mreža, kao *paketske mreže sposobne omogućiti telekomunikacijske usluge koristeći različite širokopolasne transportne tehnologije s ugrađenom podrškom za kvalitetu usluge* (engl. *Quality of Service, QoS*). Nadalje, prema istoj preporuci, NGN *odvaja funkcije vezane uz pružanje usluga od transportnih tehnologija*. Također, NGN *omogućuje nesmetanu interakciju između korisnika i konkurentskih davatelja usluga*.

Nova generacija mreža [16][17][18][19][20] predstavlja okružje budućnosti za davatelje telekomunikacijskih usluga [2][21]. Analiza nove generacije mreža nije napravljena samo iz tehničkog, već i iz sociološkog i ekonomskog aspekta, budući da je pojava nove generacije mreže posljedica više faktora:

- novih životnih navika ljudi;
- tehnološkog razvoja ICT-sektora [22][23][24][25][26];
- potrebe za redefiniranjem uloge telekomunikacijskih tvrtki na tržištu i stvaranjem novih poslovnih modela [27][28][29][30][31][32][33];
- višestrukih konvergencija.

### 1.2.1 Životne navike ljudi

Svjedoci smo velike povezanosti stvarnosti i virtualnog *cyber*-svijeta te čovjekove svakodnevne aktivnosti (poput kupovanja, školovanja, poslovanja, zabave ili zdravstvene zaštite) postaju u velikoj mjeri „digitalizirane“ [34]. Ljudi mogu međusobno komunicirati i dijeliti informacije u

---

<sup>1</sup> Standardizacijsko tijelo *International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector* (<http://www.itu.int/ITU-T>).

svakom trenutku i na svakom mjestu (engl. *anytime, anywhere principle*), ali im je isto tako omogućeno razdoblje privatnosti i ograničene dostupnosti. Novi životni stil omogućuje čovjeku puno lakšu interakciju, kako s drugim ljudima, tako i s „inteligentnim“ objektima iz okružja. Međutim, što je najvažnije, čovjeku je u svakom trenutku dostupna ne samo gomila općenitih sadržaja, već individualno prilagođene informacije i usluge [2].

Može se zaključiti kako korisnici od nove generacije mreža zahtijevaju usluge koje su *personalizirane, svjesne trenutnog konteksta, pokretne i uvijek dostupne* [35]. Rješenje predloženo u disertaciji u potpunosti omogućava prva dva zahtjeva, dok istodobno podržava i preostala dva.

### 1.2.2 Tehnološki razvoj ICT-sektora

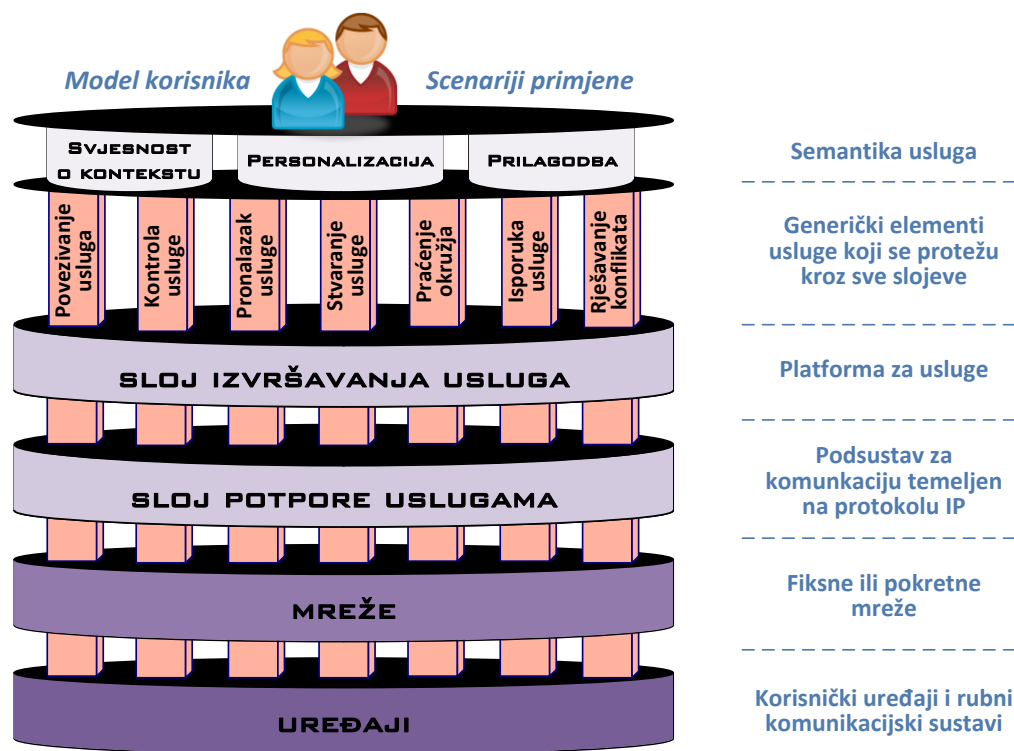
NGN se razvio fuzijom mreža temeljenih na protokolu IP (*Internet Protocol*) i telekomunikacijske infrastrukture [36][37]. Spoj ovih dviju vrsta mreža omogućuje korisnicima međusobnu komunikaciju bilo kada, bilo gdje, neovisno o komunikacijskom uređaju kojeg koriste [38][39]. Također, pod pojmom komunikacije ne podrazumijevamo samo razgovor između dva krajnja korisnika ili dostavu određene informacije krajnjem korisniku, već razmjenu bilo kakvog digitaliziranog sadržaja između dva krajnja korisnika ili pak korisnika i aplikacijskog poslužitelja koji krajnjem korisniku pruža određenu uslugu. Veliki napredak u razvoju tehnologije uzrokovao je nezaustavljiv trend digitalizacije svih oblika sadržaja, ne samo višemedijskih (govor, zvuk, slika, video), već i različitih vrsti običnih tekstova (vijesti, novine, knjige) ili bilo kojeg drugog tipa informacija (npr. zdravstveni karton [40]) [41].

### 1.2.3 Novi poslovni model za telekomunikacijske tvrtke

Sl. 1.2 prikazuje složaj usluga u NGN-u, nastao kao posljedica opisanih zahtjeva koje životne navike i predstavljeni trend razvoja ICT-sektora postavljaju pred davatelje usluga. Na vrhu složaja nalaze se korisnici jer upravo je od njih potrebno krenuti ako se želi stvoriti dobar poslovni model. Stoga, za davatelje usluga bitno je stvoriti što stvarnije *modele korisnika* kako bi svoje usluge mogli što bolje *prilagođavati* korisnicima, bilo *personalizacijom* sukladno korisničkim interesima, preferencijama i uređajima, bilo pružajući usluge *svjesne korisničkog konteksta*. Spuštajući se po slojevima dolazimo do *platforme za usluge*, koja omogućuje izvršavanje same usluge te *podstava za komunikaciju temeljenom na protokolu IP*, koji pruža potporu uslugama. Nadalje, *mreža*, koja u NGN-u može biti fiksna<sup>2</sup> ili pokretna (engl. *cellular*

<sup>2</sup> Pristup fiksnoj mreži može biti trojak: 1) *žičani*, kao u komutiranoj javnoj telefonskoj mreži (engl. *Public Switched Telephone Network*, PSTN) temeljenoj na bakrenoj parici (oklopljena i neoklopljena – engl. *Shielded Twisted Pair*, STP i *Unshielded Twisted Pair*, UTP, respektivno); 2) *bežični*, kao kod bežične lokalne mreže (engl. *Wireless Local Area Network*, WLAN); te 3) *optički*, kao kod hibridne optičko-koaksijalne (engl. *Hybrid Fiber-Coax*, HFC) mreže za pružanje

networks), omogućuje fizičku povezanost. Na dnu složaja nalaze se *korisnički uređaji* koji imaju mogućnost spajanja na jednu ili više vrsta mreža i putem kojih se pruža usluga korisnicima s vrha složaja. Bitno je naglasiti da se kroz sve nabrojane elemente složaja usluga protežu isti zahtjevi – potrebno je omogućiti *povezivanje usluga, kontrolu usluga, pronalazak usluga, stvaranje usluga, praćenje okružja* u kojem se usluge pružaju, *isporuku usluga* te *rješavanje konflikata*.



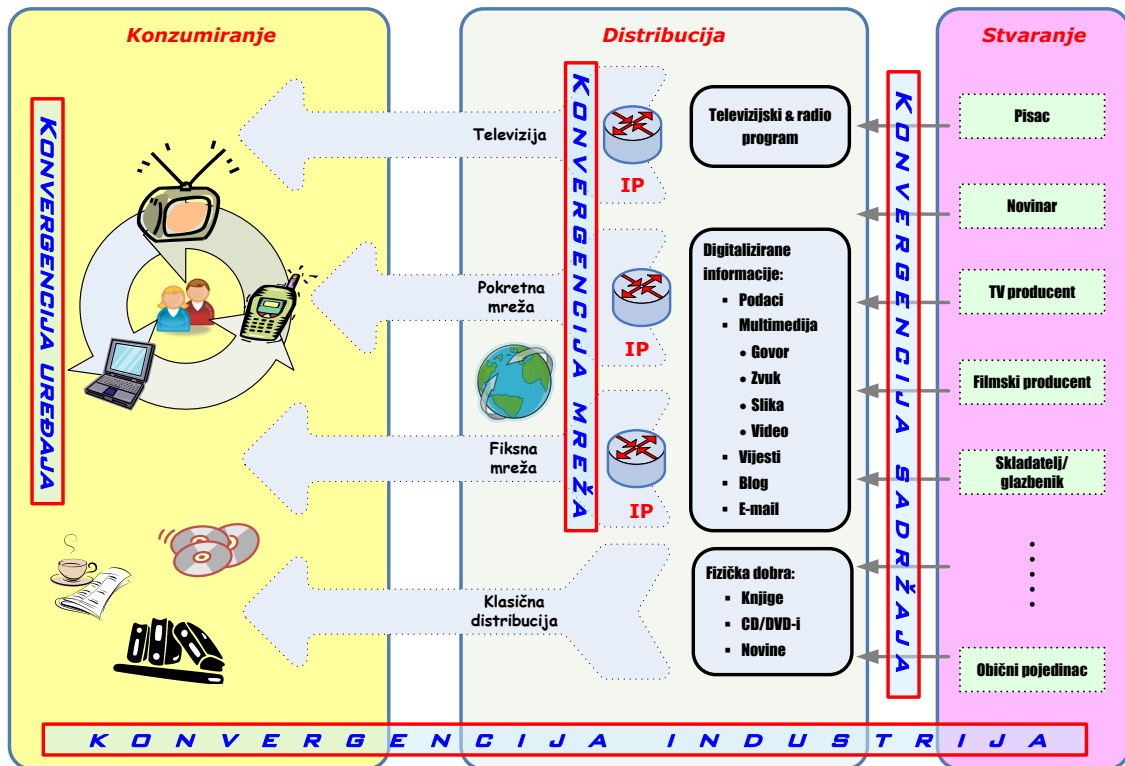
Sl. 1.2. Pružanje usluga u novoj generaciji mreža

Poslovni model (engl. *business model*) [42][43][44] određuje povezanost tehnologije i tržišta u sektorima s naglašenim udjelom inovacija (kao što su telekomunikacije) kojima se postiže nova vrijednost na tržištu [45][46][47]. Prilikom redefiniranja svoje uloge na tržištu i razvijanja novih poslovnih modela telekomunikacijski operatori moraju voditi računa da omoguće pružanje usluga upravo na način opisan na Sl. 1.2 [48][49]. Može se primijetiti kako je usmjerenost prema korisnicima [47] primarni zahtjev koji će telekomunikacijski operatori morati zadovoljiti.

televizijskih usluga (kao i što sam naziv govori, HFC kombinira optički pristup temeljen na optičkom vlaknu i žičani pristup temeljen na koaksijalnom kablju).

### 1.2.4 Konvergencija u novoj generaciji mreža

Ključni pojam koji obilježava novu generaciju mreža je konvergencija [50], koja je višestruka jer se pojavljuje i na tehničkoj i na poslovnoj razini, te među različitim entitetima unutar vrijednosnog lanca u ICT-sektoru. Možemo identificirati sljedeće oblike konvergencije, a koji su prikazani na Sl. 1.3.



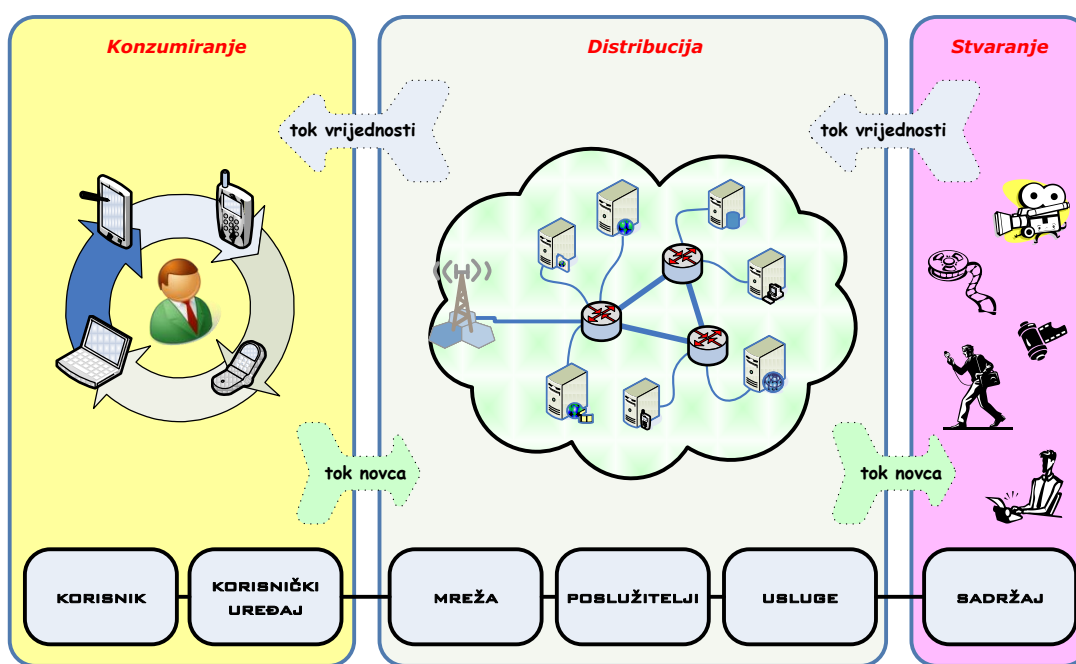
Sl. 1.3. Konvergencija karakteristična za novu generaciju mreže

**Konvergencija mreža:** Ovdje je riječ o tehničkoj konvergenciji (infrastrukturnoj konvergenciji koja se događa na razini mrežnog operatora), gdje se različite vrste fiksnih i pokretnih mreža, zajedno s digitaliziranim radio-televizijskim razšiljanjem, stapaju u jedinstveni sustav [51][52][53].

**Konvergencija uređaja:** Ovdje je riječ o tehničkoj konvergenciji (konceptualnoj konvergenciji koja se događa na razini krajnjeg korisnika) koja korisniku omogućuje nesmetano korištenje bilo koje mrežne usluge, neovisno o uređaju i pristupnoj tehnologiji [54][55].

**Konvergencija sadržaja:** Ovdje je riječ o tehničkoj konvergenciji (konceptualnoj konvergenciji koja se događa na razini dobavljača sadržaja) proizašloj iz sveopće digitalizacije. Jednom digitalizirana informacija vrlo se lako umnožava, ili joj se prilagođava format, što omogućuje jednostavnu distribuciju različitim kanalima [34].

**Konvergencija industrija:** Ovdje je riječ o poslovnoj konvergenciji (i konceptualnoj i infrastrukturnoj konvergenciji koja se događa na svim razinama u vrijednosnom lancu ICT-sektora prikazanom na Sl. 1.4 [44]). Telekomunikacijski operatori poslovno se povezuju s televizijskim operatorima i proizvođačima/dobavljačima sadržaja, stvarajući tako složene veze u ICT vrijednosnom lancu.



Sl. 1.4. Vrijednosni lanac u ICT-sektoru

### 1.3 Društvene mreže temeljene na ICT-infrastrukturi

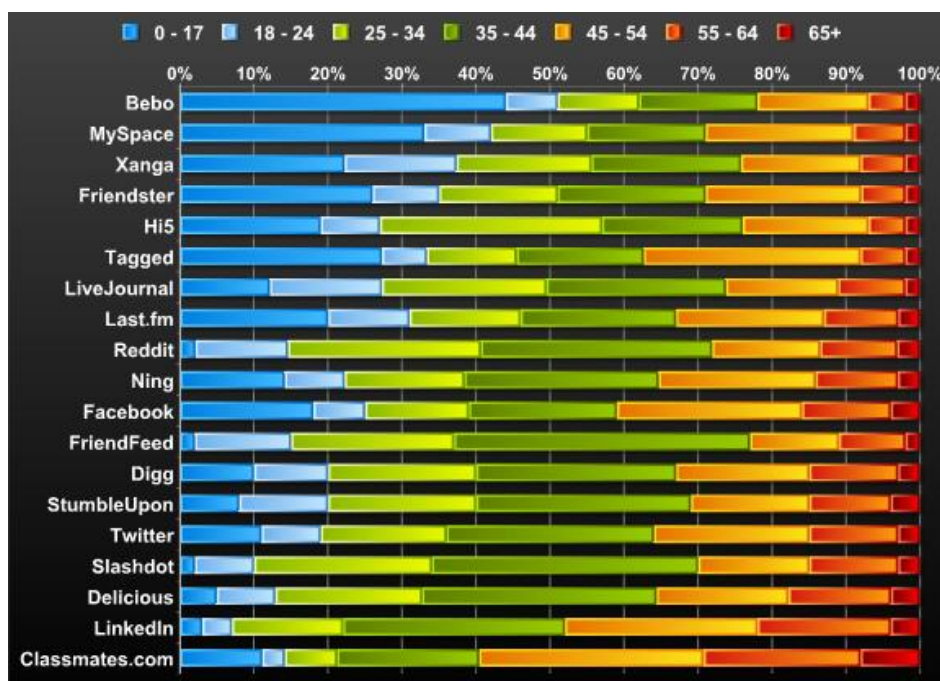
Tehničke, sociološke i ekonomske promjene koje se događaju unutar ICT-sektora, a opisane su u poglavlju 1.2, vrlo se dobro demonstriraju kroz fenomen društvenog umrežavanja. Za disertaciju je posebno zanimljiv razvoj društvenih mreža temeljenih na ICT-infrastrukturi [56], koje su se počele pojavljivati otprilike u isto vrijeme kada je razvijen i WWW<sup>3</sup> (engl. *World Wide Web*) 90-ih godina prošloga stoljeća. Iako su društvene web-stranice [57] još prije desetak godina predstavljale samo kap u moru web-stranica različitih tematika i namjena, danas su one

<sup>3</sup> U disertaciji se nazivi WWW i Web upotrebljavaju ravnopravno.

ne samo najpopularnija usluga temeljena na internetskoj infrastrukturi već i pravi globalni fenomen koji uvelike utječe na suvremeni način življenja (Sl. 1.5 prikazuje distribuciju korisnika usluga društvenih web-stranica po godinama iz koje se može zaključiti da društvene web-stranice nisu popularne samo među mlađom populacijom koja je odrastala zajedno s Webom, već i kod šezdesetogodišnjaka koji su rođeni puno prije nego su postavljeni temelji samog Interneta). Poslovni entiteti iz različitih grana industrije traže načine kako da iskoriste popularnost društvenih mreža s ciljem postizanja dodatne vrijednosti za svoje poslovanje [58].

### Distribucija korisnika usluga društvenih web-stranica po godinama

Podaci su za područje SAD-a, poredani po prosječnim godinama korisnika (najmlađi na vrhu)



Izvori: Google Ad Planner (demografski podaci SAD-a)  
socialmediagraphics.posterous.com

### Sl. 1.5. Distribucija korisnika usluga društvenih web-stranica po godinama

Ne postoji jedinstvena definicija društvene mreže, što je vjerojatno posljedica činjenice da je proučavanje društvenih mreža jedno od područja znanosti s najizraženijom interdisciplinarnom komponentom. Iako su društvene mreže već desecima godina jedno od područja proučavanja unutar društvenih znanosti, za sveobuhvatno shvaćanje problematike društvenih mreža potrebna su znanja iz područja matematike (preciznije, teorije grafova), ekonomije, računarskih znanosti i drugih [59]. Ipak, ono što je gotovo svim definicijama zajedničko je naglasak na ulozi *zajedničkog interesa* koji međusobno povezuje entitete (npr. ljude, grupe ljudi, poslovne organizacije, ...) uključene u društvenu mrežu [60][61][62][63][64].

### 1.3.1 Razvoj društvenih mreža temeljenih na ICT-infrastrukturi

Implementacija društvene mreže temeljena na ICT-infrastrukturi, koju nazivamo društvene web-stranice, omogućuje izgradnju virtualnih zajednica entiteta koji dijele iste interese/aktivnosti te ih zanimaju interesi/aktivnosti drugih članova zajednice. Društvene web-stranice, u najmanju ruku, omogućuju entitetima stvaranje (polu)javnog profila te definiranje popisa ostalih entiteta s kojima su povezani<sup>4</sup>. Vremenski slijed pokretanja najznačajnijih društvenih web-stranica prikazan je na Sl. 1.6.

Preteče današnjih društvenih web-stranica pojavile su se u obliku Internetom podržanih virtualnih zajednica. Najpoznatije među njima su *The WELL*<sup>5</sup>, *TheGlobe.com*<sup>6</sup>, *GeoCities*<sup>7</sup> te *Tripod.com*<sup>8</sup>. Navedene virtualne zajednice su najprije omogućavale komunikaciju putem *chat* soba, a razvojem WWW-a ranih 90-ih godina prošlog stoljeća i razmjenu osobnih informacija te ideja putem osobnih web-stranica<sup>9</sup>. Pojavile su se i društvene web-stranice koje su omogućavale korisnicima povezivanje zasnovano na adresama elektroničke pošte (npr. *Classmates.com*<sup>10</sup> koja je služila povezivanju bivših školskih kolega i *SixDegrees.com*<sup>11</sup>). Društvena web-stranica *SixDegrees.com* omogućavala je, osim stvaranja vlastitog profila, slanje poruka kontaktima s liste „prijatelja“ te traženje ostalih članova društvene mreže sa sličnim interesima/aktivnostima. Iako su sve te mogućnosti postojale i prije pokretanja web-stranice *SixDegrees.com*, tek ih je ta društvena web-stranica integrirala.

---

<sup>4</sup> Priroda i nazivi takvih veza razlikuju se od implementacije do implementacije – to mogu biti „prijatelji“, „kontakti“, „fanovi“, itd. Ipak, u disertaciji se najčešće koristi naziv „prijatelj“.

<sup>5</sup> Društvena mreža je osnovana 1985. godine, a aktivna je i danas (<http://www.well.com/>). Unatoč činjenici da ima svega nekoliko tisuća aktivnih korisnika, tradicija te kulturološki značaj ove društvene mreže su i danas vrlo izraženi.

<sup>6</sup> Društvena mreža je osnovana 1995. godine. O popularnosti ove društvene mreže najbolje govori činjenica da je njezina inicijalna javna ponuda dionica (engl. *Initial Public Stock Offering*, IPO) 1998. godine ostala zapamćena po rekordnom porastu cijene dionica prvog dana ponude (više od 600%). Ipak, *TheGlobe.com* nije se uspio oporaviti od velike krize internetskih kompanija (engl. *dot-com bubble*) 2000. godine.

<sup>7</sup> Društvena mreža je osnovana 1995. godine, a 1999. godine je kupljena od strane kompanije Yahoo!, da bi 2009. bila ugašena (<http://mashable.com/2009/04/23/geocities-shutdown/>).

<sup>8</sup> Društvena mreža je osnovana 1995. godine, a 1998. godine je kupljena od strane kompanije Lycos, da bi danas bila pretvorena u stranicu koja pruža usluge *web-hostinga* (<http://www.tripod.lycos.com/>).

<sup>9</sup> Može se primijetiti da su prve društvene web-stranice zapravo predstavljale preteču današnjih blogova.

<sup>10</sup> Društvena mreža je osnovana 1995. godine, a aktivna je još i danas (<http://www.classmates.com/>) i broji preko 50 milijuna registriranih korisnika.

<sup>11</sup> Društvena mreža je osnovana 1997. godine, da bi 2001. godine bila ugašena (<http://www.sixdegrees.com/>) iako je u međuvremenu privukla milijune korisnika.





Sl. 1.6. Vremenski slijed pokretanja najznačajnijih društvenih web-stranica

U razdoblju od 1997. do 2001. godine pojavljuje se nekoliko društvenih web-stranica koje se zasnivaju na različitim kombinacijama „javnosti“ osobnih profila i mogućnosti pregledavanja ostalih profila u društvenoj mreži (te povezivanja s vlasnicima tih profila). Tako su *AsianAvenue*<sup>12</sup>, *BlackPlanet*<sup>13</sup> i *MiGente*<sup>14</sup> omogućavali korisnicima stvaranje osobnih i profesionalnih profila, a korisnici su mogli dodavati „prijatelje“ na svoj osobni profil bez traženja prethodne dozvole. Na sličnom principu dodavanja „prijatelja“ na korisnički profil bez potvrde „prijateljstva“ zasnivala se i društvena stranica *LiveJournal*<sup>15</sup> čija je glavna namjena bila pisanje blogova (korisničkih dnevnika). Od značajnih društvenih web-stranica pojavljuju se još i korejska društvena mreža *Cyworld*<sup>16</sup> te švedski *LunarStorm*<sup>17</sup>.

Između 2002. i 2006. godine pojavljuje se mnoštvo društvenih web-stranica, od kojih su neke izrasle u danas najpopularnije društvene mreže podržane ICT-infrastrukturom. Od ovih potonjih, najprije se pojavio *Friendster*<sup>18</sup>, zatim *LinkedIn*<sup>19</sup> i *MySpace*<sup>20</sup> te na kraju *Facebook*<sup>21</sup>,

---

<sup>12</sup> Društvena mreža je osnovana 1997. godine kao društvena web-stranica čiji su ciljani korisnici Azijati, a aktivna je još i danas (<http://www.asianave.com/>). Na vrhuncu popularnosti 2000. godine ova društvena web-stranica je imala više od 2 milijuna korisnika, dok je 2007. taj broj pao na 1.4 milijuna.

<sup>13</sup> Društvena mreža je osnovana 1998. godine kao društvena web-stranica čiji su ciljani korisnici Afro-amerikanci, a aktivna je još i danas (<http://www.blackplanet.com/>) te ima više od 20 milijuna registriranih korisnika.

<sup>14</sup> Društvena mreža je osnovana 2000. godine kao društvena web-stranica čiji su ciljani korisnici Latino-amerikanci, a aktivna je još i danas (<http://www.migente.com/>).

<sup>15</sup> Društvena mreža je osnovana 1999. godine, a aktivna je još i danas (<http://www.livejournal.com/>) te broji gotovo 20 milijuna registriranih korisnika.

<sup>16</sup> Društvena mreža je osnovana 2001. godine kao društvena web-stranica čiji su ciljani korisnici Koreanci. Ova društvena web-stranica (<http://www.cyworld.com/>) je postigla iznimnu popularnost u Koreji te je ostvarila velik utjecaj na razvoj cjelokupne internetske kulture u toj zemlji. *Cyworld* danas broji oko 20 milijuna registriranih korisnika.

<sup>17</sup> Društvena mreža je osnovana 2000. godine kao društvena web-stranica čiji su ciljani korisnici švedski tinejdžeri. Iako je osim u Švedskoj bila popularna i u Ujedinjenom Kraljevstvu, popularnost ove društvene web-stranice je naglo pala u 2009. godini (<http://www.lunarstorm.se/>) te danas broji nešto više od milijun korisnika.

<sup>18</sup> Društvena mreža je osnovana 2002. godine, a aktivna je još i danas (<http://www.friendster.com/>) te ima preko 115 milijuna registriranih korisnika, od kojih preko 90% dolazi iz azijskih zemalja (u zapadnim zemljama danas više nije popularna).

<sup>19</sup> Društvena mreža je osnovana 2003. godine. Ova društvena mreža (<http://www.linkedin.com/>) s preko 60 milijuna korisnika (11 milijuna u Europi) iz više od 200 zemalja predstavlja najvažniju profesionalnu društvenu mrežu današnjice u kojoj je zastupljeno više od 150 različitih industrija te čiji su članovi vodeći ljudi svih *Fortune 500* svjetskih kompanija.

<sup>20</sup> Društvena mreža je osnovana 2003. godine. Ova društvena mreža (<http://www.myspace.com/>) je prvi milijun korisnika stekla 2004. godine, da bi već 2007. broj korisnika dosegao 100 milijuna. Upravo je razdoblje između 2005. i 2007. vrijeme kada je *MySpace* bila najpopularnija društvena web-stranica na svijetu, nakon čega primat preuzima *Facebook*. Danas se broj korisnika kreće oko brojke od 130 milijuna, ali zanimljivo je da 70% korisnika čine

*Bebo*<sup>22</sup> i *Twitter*<sup>23</sup> [65]. Danas popis značajnijih društvenih web-stranica broji oko 200 imena (više od 50 milijuna registriranih korisnika, osim nekih već spomenutih, imaju i *Flixster*, *Habbo*, *hi5*, *MyLife*, *Netlog*, *Orkut* [66], *Qzone*, *Tagged*, *Vkontakte* i *Windows Live Spaces*), a da će društvene web-stranice još neko vrijeme biti najpopularnije usluge temeljene na internetskoj infrastrukturi svjedoči i činjenica da je i Google početkom 2010. godine lansirao svoju društvenu web-stranicu – *Google Buzz*<sup>24</sup>.

Zasigurno najpopularnija društvena web-stranica današnjice je *Facebook* [66]. Slijedi nekoliko fascinantnih podataka o ovoj društvenoj mreži<sup>25</sup>:

- 400 milijuna korisnika (razina polugodišnjeg rasta od 40%);
- 100 milijuna pokretnih korisnika (koji su dvostruko aktivniji od stacionarnih);
- više od milijun korisnika u Hrvatskoj (gotovo 25% čitave populacije);
- 2008. godine postao najpopularnija društvena web-stranica;
- 2010. godine proslavio 6. rođendan;
- 50% korisnika je aktivno svaki dan;

---

Amerikanci. Od 2005. godine *MySpace* je u vlasništvu *News Corporationa* (druge najveće medijske kompanije na svijetu), koji ga je kupio za 580 milijuna američkih dolara.

<sup>21</sup> Društvena mreža je osnovana 2004. godine, a danas predstavlja najpopularniju društvenu web-stranicu (<http://www.facebook.com/>) s preko 400 milijuna korisnika diljem svijeta i konstantnim rastom, tako da će ta brojka vrlo brzo premašiti 10% čitave svjetske populacije.

<sup>22</sup> Društvena mreža je osnovana 2005. godine, a ime *Bebo* je akronim za „*B*log *e*arly, *b*log *o*ften“ (u slobodnom prijevodu: „Često piši svoj blog“). Ciljani korisnici ove društvene mreže (<http://www.bebo.com/>) su prvenstveno stanovnici Irske, Ujedinjenog Kraljevstva, Australije, Novog Zelanda i Sjedinjenih Američkih Država, a njihov ukupan broj je oko 40 milijuna (od čega više od 10 milijuna otpada na korisnike iz Ujedinjenog Kraljevstva). Od 2008. *Bebo* je u vlasništvu *AOL-a* (velike svjetske internetske i medijske kompanije), koji ga je kupio za 850 milijuna američkih dolara.

<sup>23</sup> Društvena mreža je osnovana 2006. godine, a temelji se na principu pisanja mikroblogova (engl. *microblogging*). Kratke poruke (tekstualne poruke dugačke maksimalno 140 znakova) koje korisnici ove društvene mreže mogu objavljivati i čitati nazivaju se *tweets* (otuda ime *Twitter*). Zbog sličnosti sa SMS-konceptom (*Short Message Service*) u pokretnim telekomunikacijama, *Twitter* se često naziva „SMS Interneta“. Ova društvena mreža (<http://www.twitter.com>) bilježi vrtoglave stope porasta korisnika (veće od 1000% godišnje), ali problem *Twittera* je taj što ima veliki broj neaktivnih korisnika u usporedbi s ostalim vodećim društvenim web-stranicama (procjenjuje se da je svega 40% registriranih korisnika *Twittera* zaista aktivno, dok je ta brojka kod *Facebooka* i *MySpacea* oko 70%). Trenutni ukupni broj korisnika *Twittera* je premašio 75 milijuna, dok su se vrtoglave stope rasta počele smirivati. Dnevno se u prosjeku pošalje 30 milijuna *tweetova*.

<sup>24</sup> Društvena mreža je integrirana u *Googleovu* web-stranicu namijenjenu čitanju i pisanju elektroničke pošte *Gmail* (<https://mail.google.com/>), koja ima 150 milijuna korisnika.

<sup>25</sup> Izvori podataka: <http://www.facebook.com/press/info.php?statistics>, <http://mashable.com/> i <http://socialmediastatistics.wikidot.com/facebook>.

- lokaliziran na 70 svjetskih jezika;
- tjedno se generira 3.5 milijardi jedinica novog sadržaja (poveznice, vijesti, blog-zapisi, foto-albumi, ...);
- mjesečno se postavi 2.5 milijarde novih fotografija i stvori 3.5 milijuna novih događaja;
- tijekom vršnog opterećenja poslužuje zahtjeve za preko 300 tisuća dohvata fotografija u sekundi;
- više od 500 tisuća aktivnih aplikacija, među kojima njih 250 redovito koristi više od milijun korisnika.

Nadalje, prosječni korisnik *Facebooka*:

- dnevno provede 55 minuta na ovoj društvenoj web-stranici;
- ima 130 prijatelja;
- je član 13 grupa;
- mjesečno pošalje 8 novih zahtjeva za prijateljstvo;
- mjesečno napiše 25 komentara;
- mjesečno je pozvan na 13 događaja;

Novi zahtjevi, poruke i obavijesti

Izdvajanje trenutnih vijesti, poruka, događaja te ostale ključne funkcionalnosti

Najdraže igre te ostale omiljene aplikacije

Poveznice za chat s prijateljima koji su trenutno aktivni

Postavke privatnosti te ostale bitne postavke korisničkog računa

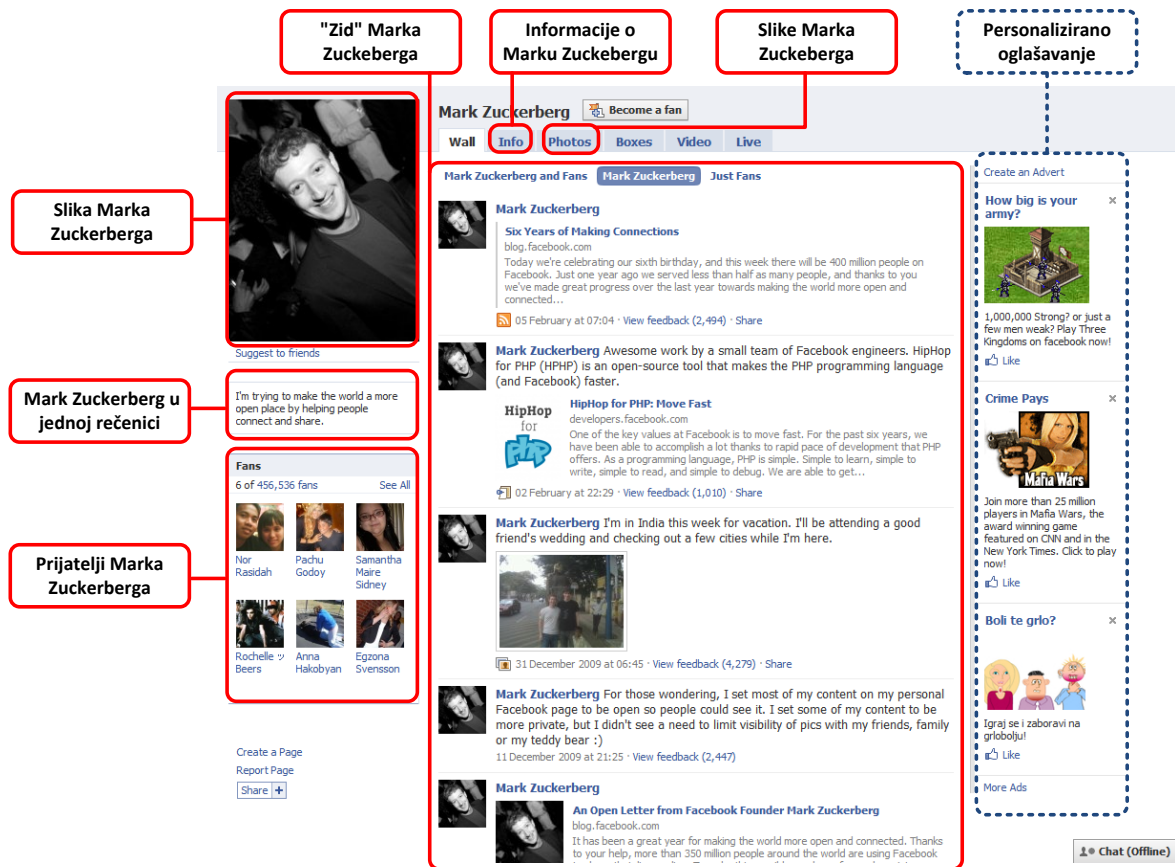
Podsjetnik na rođendane prijatelja te ostale bitne događaje

Facebook chat

Sl. 1.7. Prikaz početne korisničke stranice na društvenoj web-stranici *Facebook*

Na Sl. 1.7 prikazana je početna korisnička stranica na društvenoj web-stranici *Facebook*. Iz njene strukture može se vidjeti da je središnji dio stranice rezerviran za obavještanje korisnika o aktivnostima njegovih prijatelja (engl. *News Feed*). Objava novih vijesti na *News*

*Feedu* zasnovana je na *push*<sup>26</sup> principu. Međutim, na lijevoj strani je vidljiv izbornik s kojim korisnik može izdvojiti informacije koje će mu biti dostavljene ovisno o njihovoj vrsti (moguće je također i izdvajanje prema prijateljima ili korisnički definiranim grupama prijatelja). Nadalje, u gornjem desnom uglu može se primijetiti prostor u kojem se korisnik obavještava o novim zahtjevima, porukama ili obavijestima koje su poslone upravo njemu (obavještavanje radi na *push* principu, ali za pristup samom sadržaju novog zahtjeva, poruke ili obavijesti koristi se *pull* princip). Osim već navedenoga, ističe se još i izbornik s aplikacijama te poveznice za *chat* s prijateljima koji su trenutno aktivni, kao i podsjetnik na bitne događaje (npr. rođendane prijatelja). Treba istaknuti da *Facebook* vodi puno brige oko privatnosti svojih korisnika te im je omogućio da različite dijelove svojeg profila izlažu s različitim razinama javnosti (izbornik u gornjem lijevom uglu).



Sl. 1.8. Facebook profil njegovog osnivača Marka Zuckerberga

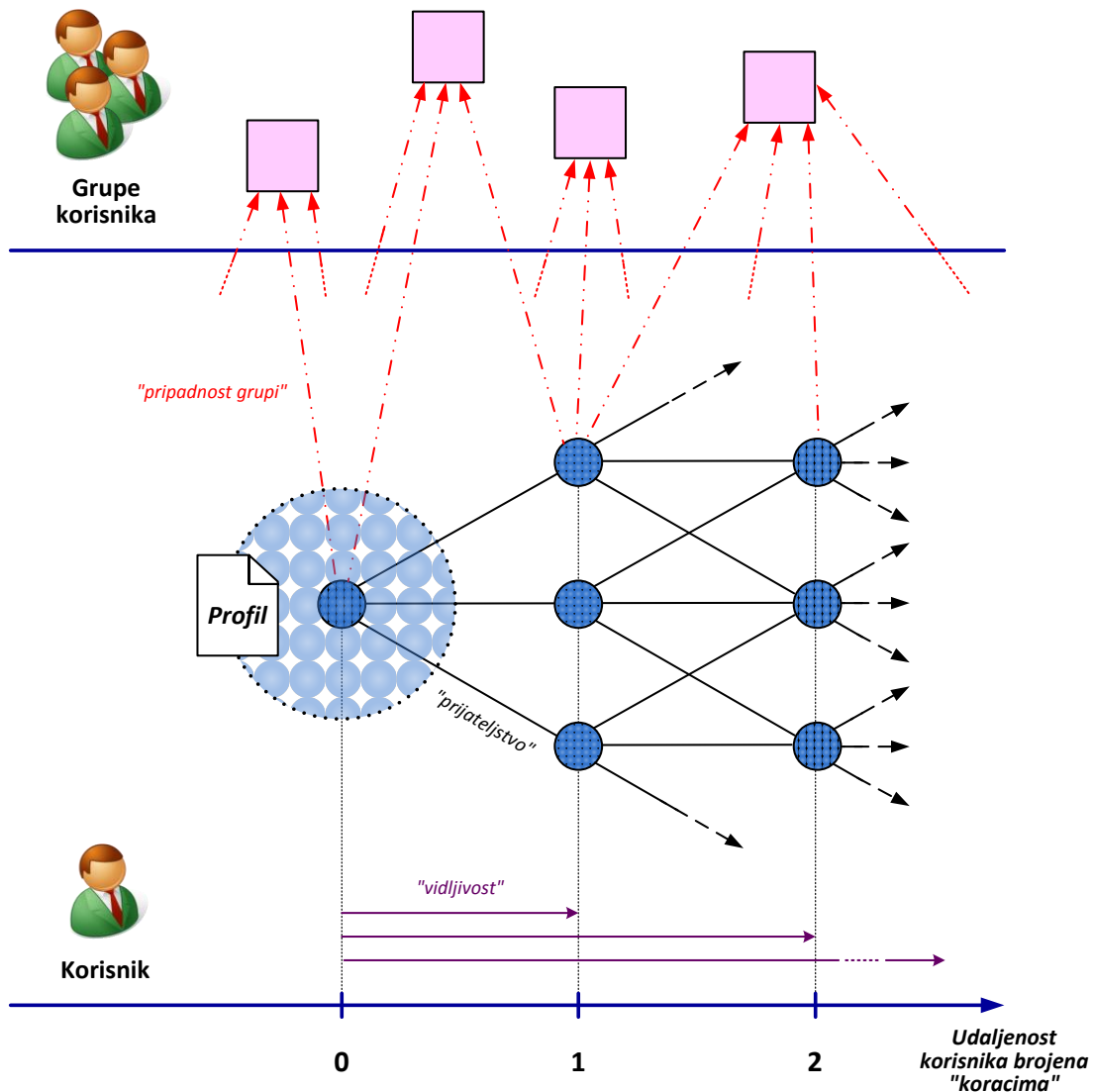
<sup>26</sup> *Push* način komunikacije znači da zahtjev za transakcijom dolazi od strane središnjeg poslužitelja. Suprotnost tom principu je *pull* komunikacija u kojoj korisnik upućuje zahtjev.

Za razliku od Sl. 1.7 koja vizualizira kako korisnik vidi vlastiti profil na *Facebooku*, Sl. 1.8 prikazuje kako korisnik vidi profil svoga prijatelja (u ovom slučaju profil Marka Zuckerberga, osnivača *Facebooka*). Središnji dio prijateljevog profila prikazuje njegov *Zid* (engl. *Wall*), koji prikazuje sve prijateljeve aktivnosti te njegovu komunikaciju s članovima društvene mreže s kojima je povezan. Osim toga, profil prikazuje sliku prijatelja, prijateljev kratki opis samog sebe, poveznice prema članovima društvene mreže s kojima je prijatelj povezan (tzv. prijatelji prijatelja, engl. *friend-of-a-friend*), a moguće je pristupiti i opsežnijim informacijama o samom prijatelju, kao i njegovim fotografijama. Ipak, ono što treba posebno naglasiti na Sl. 1.8 su personalizirani oglasi (desna strana web-stranice), koji nisu vezani uz profil promatranog prijatelja (u ovom slučaju Mark Zuckerberg), već uz profil korisnika koji promatra (može se vidjeti da je jedan oglas lokaliziran na hrvatski jezik budući da je profil Mark Zuckerberga promatran od strane korisnika koji se definirao kao Hrvat).

### 1.3.2 Obilježja društvenih mreža temeljenih na ICT-infrastrukturi

Kao što se iz kratkog opisa *Facebooka* može primijetiti, danas društvene web-stranice nude svojim korisnicima raznolike mogućnosti. Međutim, ono što je svima zajedničko su (polu)javni profili korisnika, koji osim informacija o samom promatranom korisniku (npr. informacija o datumu rođenja korisnika, o njegovim interesima, aktivnostima, ...) sadrže i informacije o pripadnosti grupama korisnika te poveznice prema ostalim korisnicima društvene mreže s kojima je promatrani korisnik povezan (Sl. 1.9). Korisnički profili su, zapravo, virtualna reprezentacija osobe obogaćena njenom vlastitom društvenom mrežom te kao takvi omogućuju drugim korisnicima stjecanje određenog dojma o toj osobi. Profili služe za omogućavanje kontakata, upoznavanje novih prijatelja, traženje potencijalnih ljubavnih partnera (*Friendster*), traženje novog posla (*LinkedIn*), primanje i davanje preporuka (*tribe.net*), predstavljanje i kritiku umjetničkih aktivnosti korisnika (*deviantART*, *Flickr*, *Fotoblog*), uživanje u muzici (*Last.fm*), uspostavljanje prekinutih obiteljskih veza (*MyHeritage*, *MyLife*, *Geni.com*) te još mnogo različitih aktivnosti.

Nakon što se novi korisnik pridruži određenoj društvenoj web-stranici, od njega se traži da odgovori na niz pitanja o sebi. Na temelju korisnikovih odgovora generira se njegov profil. Većina društvenih web-stranica također potiče korisnike na postavljanje svoje slike na profil, dok neke također nude mogućnosti obogaćivanja profila višemedijskim sadržajem. Druge, kao npr. predstavljeni *Facebook*, omogućavaju korisnicima dodavanje različitih aplikacija. Nakon što postanu članovi neke društvene mreže, od korisnika se također traži da potraže druge korisnike s kojima su na neki način povezani u stvarnom životu. Danas u većini mreža oba korisnika moraju potvrditi „prijateljstvo“ da bi postali „prijatelji“ (drugim rječima, „prijateljstvo“ mora biti obostrano da bi uopće postojalo).



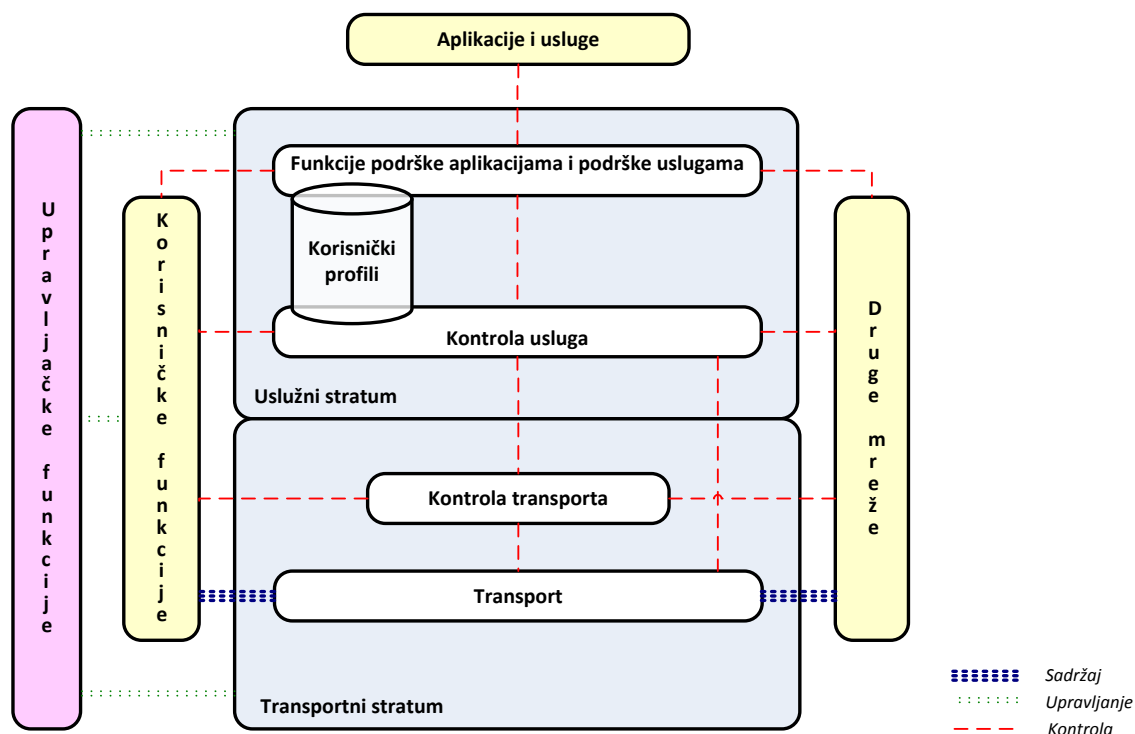
Sl. 1.9. Strukturalne varijacije i vidljivost korisničkih profila

Razina javnosti (odnosno, „vidljivosti“) korisničkog profila na društvenim web-stranicama razlikuje se od mreže do mreže i najčešće ovisi o preferencijama korisnika (Sl. 1.9). Profili nekih mreža (*Friendster*, *tribe.net*) dostupni su tražilicama, što ih čini vidljivima bilo kome pa i onima koji nemaju profil na toj mreži. *MySpace* ostavlja na izbor korisnicima žele li da im profil bude javan ili vidljiv samo njihovim „prijateljima“, odnosno samo korisnicima *MySpace* društvene mreže s kojima su povezani. Na *Facebooku* su korisnici članovi iste podmreže mogli inicijalno gledati jedni drugima profile (osim ako vlasnik profila izričito nije ukinuo tu dozvolu). Međutim, kako su *Facebookove* podmreže počele brojiti i milijune članova (npr. podmreža *Hrvatska*), tada se, s ciljem zaštite privatnosti korisnika, uvelo pet razina javnosti profila (*svi vide profil*, *profil*

vide samo prijatelji i članovi iste podmreže, profil vide samo prijatelji te njihovi prijatelji, profil vide samo prijatelji te personalizirana javnost profila). Poslovna društvena mreža *LinkedIn* omogućuje svojim članovima ne samo dostupnost profilima svojih prijatelja, već i profilima korisnika koji su prijatelji od prijatelja njihovih prijatelja (znači, za tri koraka su udaljeni od njih, ako izravne prijatelje smatramo prvim korakom, a prijatelje prijatelja drugim korakom). Upravo su strukturalne varijacije i vidljivost korisničkih profila ono što razlikuje jednu društvenu web-stranicu od druge.

## 1.4 Referentni model nove generacije mreža

Referentni model NGN-a (Sl. 1.10), prema ITU-T preporuci Y.2011 [67], sastoji se od dva stratuma – *transportnog* i *uslužnog*, omogućujući na taj način razdvajanje funkcija vezanih uz pružanje usluga od transportnih tehnologija [68][69]. Transportni stratum obuhvaća funkcije koje omogućuju povezanost sudionika na telekomunikacijskom tržištu [70][71] te je temeljen na protokolu IP. Uslužni stratum obuhvaća funkcije koje omogućuju pružanje telekomunikacijskih usluga korisnicima, ali ne brinu o povezanosti između korisnika i davatelja usluga na telekomunikacijskom tržištu već pretpostavljaju da ona postoji.



Sl. 1.10. Referentni model NGN-a prema standardizacijskom tijelu ITU-T



Ovakav izgled referentnog modela NGN-a posljedica je promjene paradigme – prije NGN-a telekomunikacijske mreže su se temeljile na vertikalnoj paradigmi, dok se NGN temelji na horizontalnoj paradigmi. Ono što je prednost horizontalne paradigme jest činjenica da ovakav pristup omogućuje pružanje bilo koje usluge preko iste transportne mreže (npr. mreže temeljene na protokolu IP). Ipak, ovakav pristup ima i svoje nedostatke – uvode se dvije razine autentifikacije, kontrole i naplate.

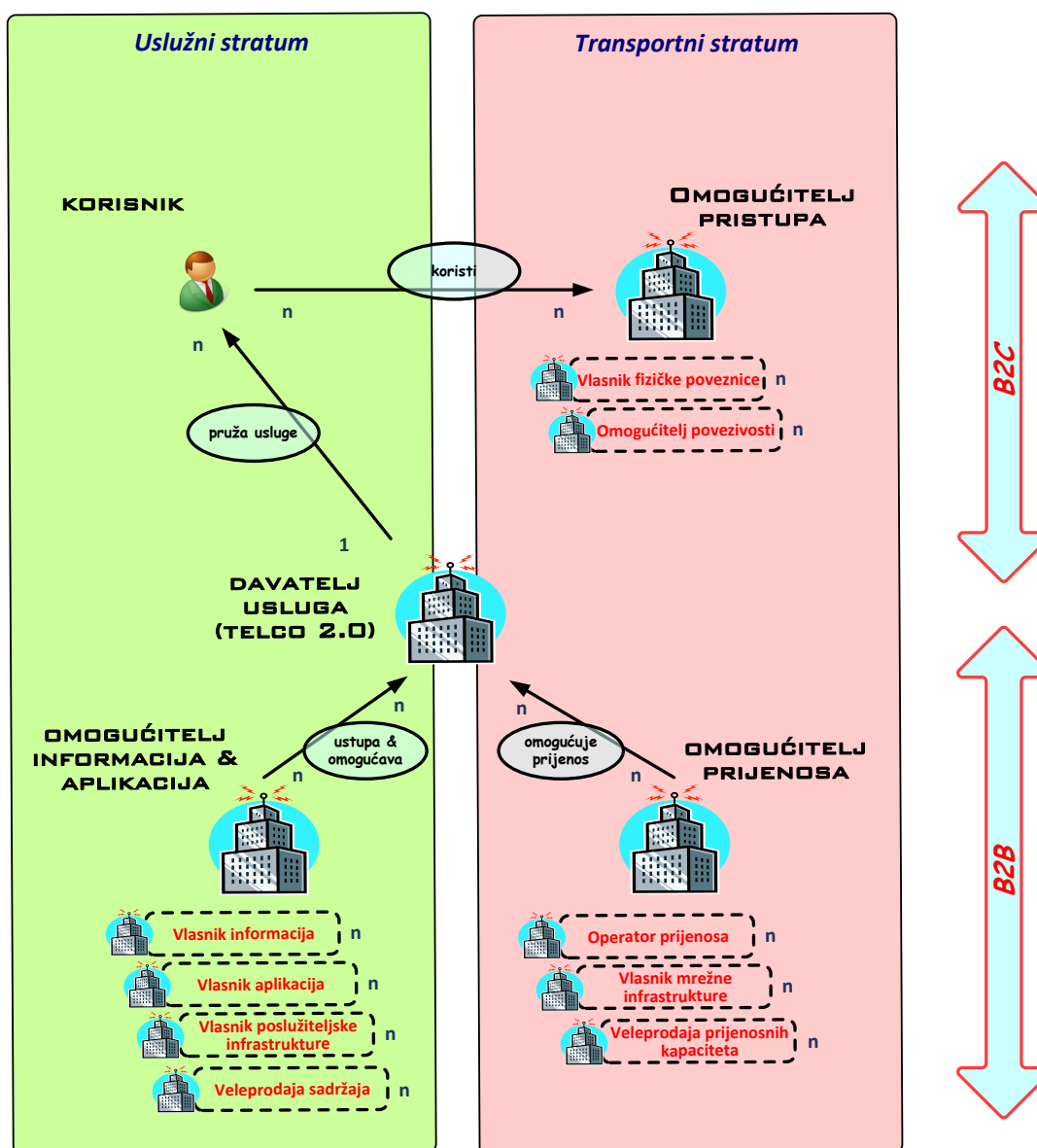
Kako bi se omogućilo autonomno upravljanje pružanjem telekomunikacijskih usluga, disertacija predlaže nove funkcionalnosti u uslužnom stratumu, koje se zasnivaju na analizi društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga. Društvena mreža korisnika se stvara implicitno na temelju sličnosti *korisničkih profila*.

## 1.5 Sudionici i procesi na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga

Na tržištu telekomunikacijskih usluga može se identificirati više različitih sudionika [72][73][74] – *korisnik, omogućitelj pristupa, davatelj usluga (telekomunikacijski operator, telco 2.0 [75]), omogućitelj informacija/aplikacija i omogućitelj prijenosa*. Njihovi međusobni odnosi definirani su Sl. 1.11. Također, na Sl. 1.11 može se vidjeti da neki sudionici mogu poprimiti više različitih uloga (npr. omogućitelj pristupa može imati ulogu vlasnika fizičke poveznice (između korisnika i davatelja usluga) i/ili ulogu omogućitelja povezivosti (između korisnika i davatelja usluga)). Nadalje, Sl. 1.11 dijeli telekomunikacijsko tržište iz dvije perspektive:

- *perspektiva referentnog modela NGN-a* – podjela na transportni i uslužni dio tržišta;
- *perspektiva tipa sudionika* – podjela na B2C i B2B (*Business-to-Business*) dio tržišta.

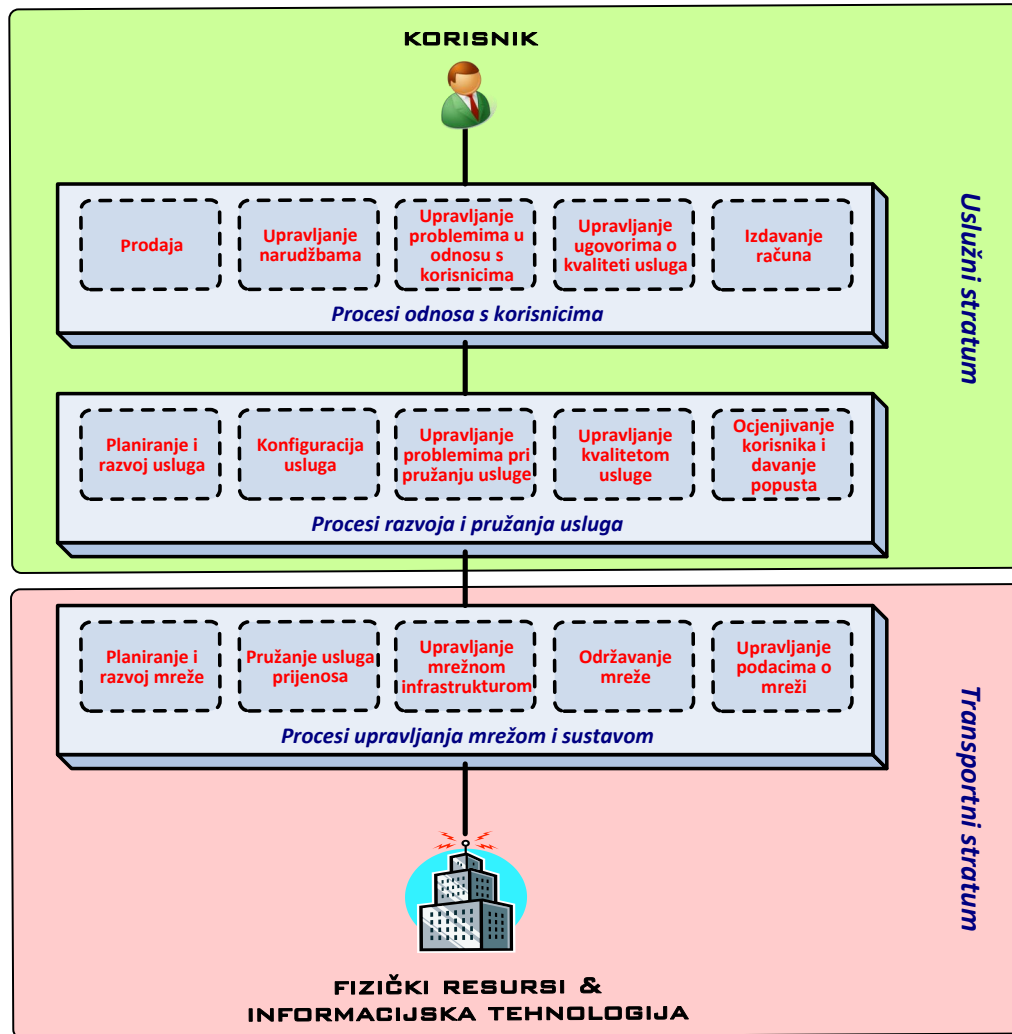
Kao što je već navedeno disertacija se koncentrira na istraživanje u području upravljanja pružanjem telekomunikacijskih usluga u novoj generaciji mreža s ciljem omogućavanja dinamičkog i personaliziranog odnosa s korisnicima. Stoga je disertacija usmjerena na sudionike i procese koji pripadaju uslužnom dijelu tržišta iz perspektive referentnog modela NGN-a, odnosno B2C dijelu tržišta iz perspektive tipa sudionika. Navedeno znači da se promatra odnos između dva sudionika na tržištu: *korisnika i davatelja usluge (telco 2.0)*, kao što je već i najavljeno u ideji rješenja na Sl. 1.1.



Sl. 1.11. Nova generacija mreža: sudionici na tržištu

Nakon identifikacije sudionika koji su relevantni za disertaciju potrebno je još identificirati i procese na telekomunikacijskom tržištu koji se istražuju. Na Sl. 1.12 prikazani su procesi na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga (prema radnom okviru eTOM<sup>27</sup> [76]) te su oni smješteni u odgovarajući stratum referentnog modela NGN-a. Disertacija predlaže funkcionalnosti koje omogućuju autonomnost dijela procesa koji pripadaju uslužnom stratumu – *procesima razvoja i pružanja usluga te procesima odnosa s korisnicima*.

<sup>27</sup> Enhanced Telecom Operations Map™ (<http://www.tmforum.org/>).



Sl. 1.12. Procesni na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga prema radnom okviru eTOM

Uzevši u obzir informacije o novoj generaciji mreža te sudionicima i procesima na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga, moguće je definirati telekomunikacijsku uslugu u novoj generaciji mreža. *Telekomunikacijska usluga* je bilo koja usluga omogućena korisniku od strane davatelja usluga u novoj generaciji mreža. Svaka telekomunikacijska usluga u novoj generaciji mreža zasniva se na dostavi *sadržaja* krajnjem korisniku korištenjem *mrežnih resursa*. Pritom sadržaj može biti dvojakog podrijetla – generiran od strane drugog krajnjeg korisnika [77][78][79][80] (npr. govor, SMS (engl. *Short Message Service*), geolokacijska oznaka) ili pak generiran od strane samog davatelja usluga (npr. burzovna vijest, filmski isječak). Dva studijska primjera inovativnih telekomunikacijskih usluga u novoj generaciji mreža koja će se razmatrati u disertaciji su *suradna usluga* te *usluga preporučivanja*.

# Poglavlje 2

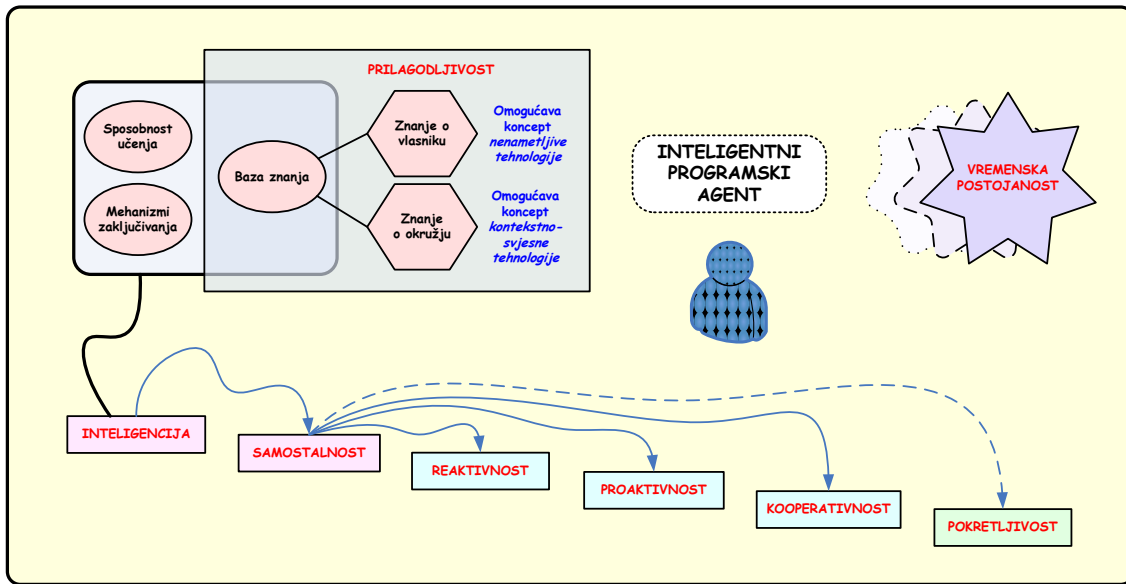
---

## OSTVARENJE B2C- TELEKOMUNIKACIJSKOG TRŽIŠTA POMOĆU PROGRAMSKIH AGENATA

Poglavlje započinje definicijom programskog agenta te opisom njegovih osnovnih obilježja. Zatim se objašnjava na koji je način ideja rješenja, predstavljena u prošlom poglavlju, ostvarena pomoću višeagentskog sustava koji se sastoji od dvije vrste agenata: *korisničkih agenata* i *poslovnih agenata*. Korisnički agenti [81] predstavljaju korisnike telekomunikacijskih usluga dok poslovni agenti [82][83] predstavljaju davatelje usluga na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga. Obje vrste agenata su opisane na dva načina – najprije pomoću modela inteligentnog programskog agenta, a zatim i formalnim opisom.

### 2.1 Inteligentni programski agenti

Opisana evolucija telekomunikacijske industrije zahtijeva od računalnih programa ne samo da odgovaraju na zahtjeve, nego da i inteligentno sudjeluju u aktivnostima u svom okružju, te se kontinuirano prilagođavaju trenutnom stanju svog okružja i na taj način aktivno traže način kako da što bolje ostvare interese entiteta (čovjeka ili poslovne organizacije) kojeg zastupaju [84][85][86][87][88]. Računalni program koji ima opisane karakteristike naziva se *programskim agentom*. Programski agent je, dakle, program koji djeluje u ime svog vlasnika, obavljajući pritom složene informacijske i komunikacijske poslove u mreži [89][90]. Programski agenti omogućuju autonomno izvršavanje i koordiniranje različitih procesa [91][92][93][94], te na taj način stvaraju dodanu vrijednost za svog vlasnika [95][96]. Na Sl. 2.1 predstavljeni su odnosi između osnovnih obilježja inteligentnih programskih agenata [84][97][98][99][100][101].



Sl. 2.1. Model inteligentnog programskog agenta

**Inteligencija:** Agent mora posjedovati inteligenciju [102] zasnovanu na vlastitoj *bazi znanja*, *mehanizmima zaključivanja* i *spособnosti učenja*. Agentova inteligencija preduvjet je za sva druga njegova obilježja. Ovisno o namjeni agenta razlikuje se i znanje koje sadrži njegova baza znanja, ali generalno se to znanje može podijeliti na dva dijela – *znanje o vlasniku* i *znanje o okruženju*.

**Prilagodljivost (adaptivnost):** Vrlo je važno za primijetiti kako agentova baza znanja ne sadrži statično znanje, nego ga agent neprestano osvježava [103]. Na taj se način agent pokušava što je moguće bolje prilagoditi potrebama svoga vlasnika, što mu omogućuje da ga efikasno predstavlja u okruženju nove generacije mreža i na taj način ostvari koncept *nenametljive tehnologije* [104][105][106]. Agent također, na temelju aktualnih događanja u njegovom okruženju, kontinuirano osvježava znanje o svom okruženju i na taj način ostvaruje koncept *kontekstno-svjesne tehnologije* [107][108][109][110][111]. Svjesnost o kontekstu (engl. *context-awareness*) [112][113] je sposobnost agenta da prilagođava akcije trenutnom stanju u kojem se nalazi njegov vlasnik i trenutnoj situaciji u kojoj se nalazi njegovo okruženje [114][115][116]. Agent koji nema izraženo svojstvo adaptivnosti pretražuje unaprijed definirane uzorke ponašanja u svrhu pronalaska optimalnog odgovora na neki podražaj iz okruženja. Za razliku od toga adaptivni agenti, kroz svoje mehanizme zaključivanja i koristeći sposobnost učenja, mogu kreirati nove uzorke ponašanja koji im osiguravaju bolju prilagodbu najnovijim događajima u svom okruženju ili novim potrebama svoga vlasnika [117].

**Samostalnost (autonomnost):** Agent izvršava poslove u potpunosti samostalno, bez bilo kakvih intervencija svoga vlasnika, što ga čini „nevidljivim slugom“, baš kako je Weiser u svojoj viziji i

zamislio [106]. Autonomnost agenta pretpostavlja da on ima sposobnost kontrolirati svoje aktivnosti i osigurati resurse za njihovo izvođenje. Samostalnost agenta je omogućena njegovom inteligencijom, a najbolje se očituje kroz sljedeća tri svojstva – *reaktivnost*, *proaktivnost* i *kooperativnost*.

**Reaktivnost:** Agent reagira na utjecaje iz okruženja u kojem djeluje, zasnivajući svoje djelovanje na interakciji s okruženjem, ili se umjesto toga oslanja na vlastiti model okruženja u kojem djeluje.

**Proaktivnost:** Agent ne reagira samo na pobude iz svojeg okruženja, već poduzima inicijative sukladne preuzetim zadacima, što je moguće uz dobro definirani cilj.

**Kooperativnost:** Agent surađuje s ostalim agentima iz svog okruženja i na temelju te suradnje poduzima akcije koje omogućuju efikasnije rješavanje postavljenih mu zadata [118][119][120]. Upotreba tehnologija semantičkog weba za definiranje sadržaja u agentskoj komunikaciji omogućava ne samo da se agenti koji su razvijani potpuno neovisno jedan od drugoga međusobno razumiju, već i da komuniciraju na semantičkoj razini, slično kao i ljudi [121][122].

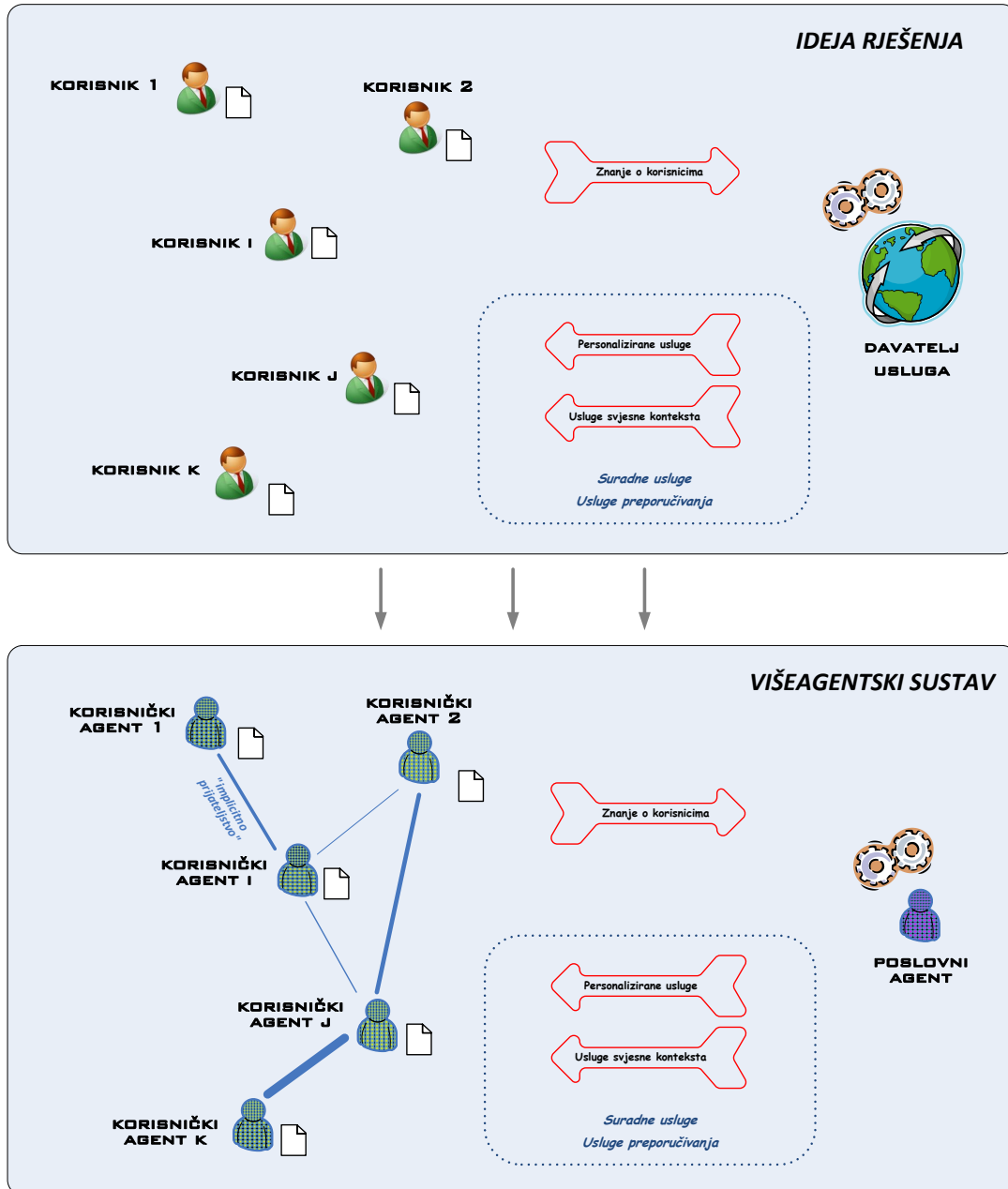
**Pokretljivost:** Agent se može kretati između različitih korisničkih uređaja i drugih čvorova u mreži, te na taj način fizički migrirati unutar mrežne infrastrukture [123]. Da bi agent posjedovao svojstvo pokretljivosti moraju se osigurati dodatni sustavski uvjeti (postojanje agentske platforme na svakom čvoru domaćinu), jer konvencionalni programski sustavi ne dopuštaju kretanje programa. Svojstvo pokretljivosti najčešće nije nužno da bi agent mogao obavljati svoje zadatke, ali može biti korisno ne samo iz korisničkog gledišta zbog rasterećenja ograničenih obradnih resursa na korisničkim uređajima već i zbog činjenice da se na taj način rasterećuju mrežni resursi zbog smanjivanja komunikacije kroz mrežu. Ipak, ako je pokretljivost i implementirana u agentu, ona može biti više ili manje „inteligentna“, ovisno o tome da li je agentu unaprijed zadano koje čvorove u mreži mora posjetiti ili on samostalno određuje kamo i kako će putovati kroz mrežu.

**Vremenska postojanost:** Agent posjeduje svojstvo perzistentnosti identiteta i stanja kroz duže vremenske periode. Ako agent posjeduje i svojstvo pokretljivosti to znači da mora prilikom premještanja s jednog čvora na drugi imati sposobnost očuvanja svog programskog koda te svih svojih stanja i parametara.

U okruženju nove generacije mreža inteligentni programski agenti se mogu koristiti bilo za zastupanje krajnjih korisnika (ljudi) u mreži (personalizacija usluga i omogućavanje autonomne interakcije između korisnika i mreže), odnosno za zastupanje interesa telekomunikacijskog operatora u njegovoj vlastitoj mreži (koordinacija procesa unutar vlastite mreže) ili u interakcijama s drugim operatorima na tržištu (koordinacija procesa između mreža koje imaju različite vlasnike).

## 2.2 Ostvarenje ideje rješenja pomoću višeagentskog sustava

Sl. 2.2 objašnjava na koji je način ideja rješenja B2C-telekomunikacijskog tržišta ostvarena pomoću višeagentskog sustava koji se sastoji od dvije vrste agenata: *korisničkih agenata* i *poslovnih agenata*.

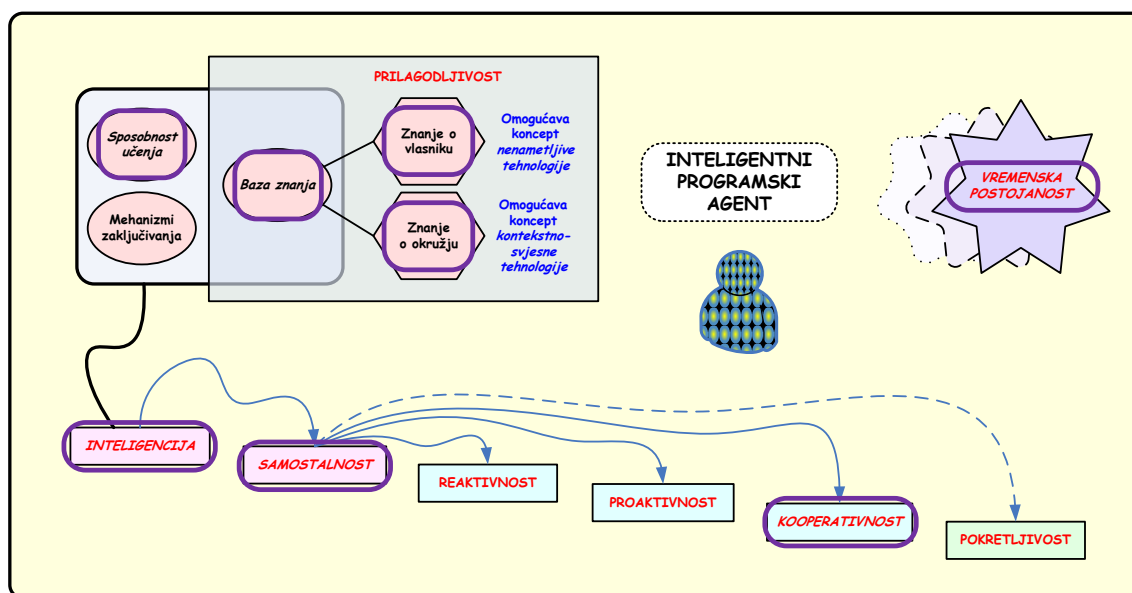


Sl. 2.2. Ostvarenje rješenja višeagentskim sustavom

Korisnički agenti predstavljaju korisnike telekomunikacijskih usluga definirajući i održavajući *profile* svojih vlasnika. Davatelji usluga također imaju svojeg agenta, poslovnog agenta, na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga – taj agent komunicira sa svim korisničkim agentima te na taj način ima pristup korisničkim profilima (prikupljanje znanja o korisnicima). Poslovni agent znanje o korisnicima koristi da bi otkrio one sa „sličnim“ karakteristikama, među kojima zatim prepoznaje implicitnu<sup>28</sup> društvenu povezanost te stvara strukturu koja predstavlja implicitnu društvenu mrežu korisnika (odnos označen kao „implicitno prijateljstvo“ na Sl. 2.2).

## 2.3 Model i formalni opis korisničkih agenata

Korisnički agenti predstavljaju korisnike na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga, te su zaduženi za definiranje i održavanje profila svojih vlasnika. Na Sl. 2.3 označena su svojstva inteligentnih programskih agenata koja su izražena kod korisničkih agenata [124].



Sl. 2.3. Korisnički agent: model

<sup>28</sup> Implicitna društvena povezanost je ona u kojoj povezanost nije rezultat eksplicitne uspostave prijateljstva među korisnicima, već posljedica „sličnosti“ među njima. Korisnici čak nisu niti svjesni s kojim ostalim korisnicima društvene mreže su „implicitni prijatelji“ jer je takvo „implicitno prijateljstvo“ utvrđeno od treće strane (u promatranom primjeru, od strane poslovnog agenta). Ipak, treća strana može korisnike obavijestiti o njihovim „implicitnim prijateljima“.



**Inteligencija:** Korisnički agent posjeduje inteligenciju zasnovanu na vlastitoj *bazi znanja* i *spособnosti učenja*. Baza znanja korisničkog agenta je izvedena kao korisnički profil sa Sl. 2.2. U bazi znanja korisničkog agenta bitna su oba dijela: i *znanje o vlasniku* (dio korisničkog profila koji opisuje korisnički uređaj te korisničke interese i preferencije) i *znanje o okruženju* (dio korisničkog profila koji opisuje korisnički kontekst).

**Prilagodljivost:** Korisnički agent neprestano osvježava svoju bazu znanja (odnosno, korisnički profil).

**Samostalnost:** Korisnički agent izvršava poslove u potpunosti samostalno, bez bilo kakvih intervencija svoga vlasnika. Tako, čim se promijeni neka vlasnikova kontekstna informacija agent samostalno osvježava korisnički profil.

**Kooperativnost:** Agent surađuje s ostalim korisničkim agentima iz svog okruženja, posebice onima s kojima je u odnosu „implicitnog prijateljstva“ (Sl. 2.2) u društvenoj mreži korisnika telekomunikacijskih usluga.

**Vremenska postojanost:** Ovo je vrlo bitno svojstvo korisničkog agenta budući da vremenska postojanost agenta omogućuje kvalitetniju sposobnost učenja i bolju prilagodljivost.

Na Sl. 2.2 se vidi da na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga postoji  $|\mathcal{K}|$  korisnika koji su u poslovnom odnosu s određenim davateljem usluga, formalno predstavljenih kao skup  $\mathcal{K}$ :

$$\mathcal{K} = \{\mathit{k}_1, \mathit{k}_2, \dots, \mathit{k}_{|\mathcal{K}|}\}. \quad (2.1)$$

Svaki korisnik  $\mathit{k}_i$  je na B2C-tržištu zastupljen sa svojim programskim agentom  $a_{\mathit{k}_i}$ , gdje su svi korisnički agenti na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga formalno predstavljeni kao skup  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}}$ :

$$\mathcal{A}_{\mathcal{K}} = \{a_{\mathit{k}_1}, a_{\mathit{k}_2}, \dots, a_{\mathit{k}_{|\mathcal{K}|}}\}. \quad (2.2)$$

Pritom, svaki korisnički agent  $a_{\mathit{k}_i}$  raspolaže sljedećim znanjem:

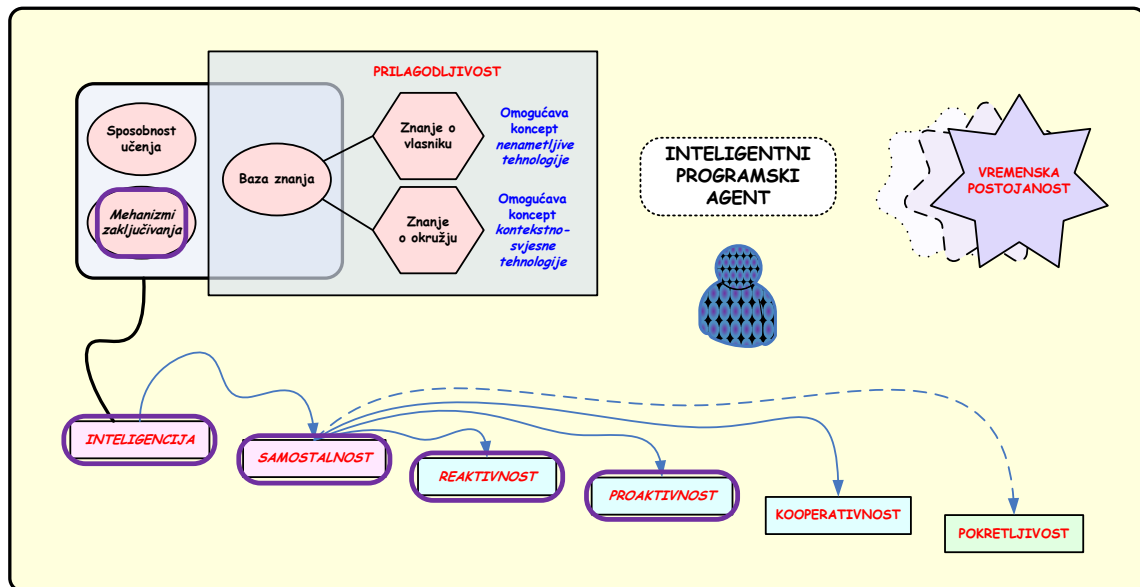
$$a_{\mathit{k}_i} = \left( \mathit{p}_{\mathit{k}_i}, \mathcal{A}_{\mathcal{K}_{\text{pr}_{\mathit{k}_i}}} \right), \quad (2.3)$$

gdje  $\mathit{p}_{\mathit{k}_i}$  označava korisnički profil, dok  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{\text{pr}_{\mathit{k}_i}}}$  predstavlja popis „prijateljskih“ korisničkih agenata<sup>29</sup>. Popis prijateljskih korisničkih agenata  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{\text{pr}_{\mathit{k}_i}}}$  je vrlo bitan kod suradnih usluga i usluga zasnovanih na viralnom preporučivanju.

<sup>29</sup> „Prijateljski“ korisnički agenti  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{\text{pr}_{\mathit{k}_i}}}$  su oni s kojima se promatrani korisnički agent  $a_{\mathit{k}_i}$  nalazi u odnosu „implicitnog prijateljstva“ (Sl. 2.2). Budući da je prijateljski odnos implicitan, tada svakom korisničkom agentu  $a_{\mathit{k}_i}$

## 2.4 Model i formalni opis poslovnog agenta

Poslovni agenti predstavljaju davatelje usluga na B2C-tržištu telekomunikacijskih usluga, te su zaduženi za izdvajanje i usporedbu korisničkih profila te izgradnju i analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga. Na Sl. 2.4 označena su svojstva inteligentnih programskih agenata koja su izražena kod poslovnog agenta.



Sl. 2.4. Poslovni agent: model

**Inteligencija:** Poslovni agent temelji svoju inteligenciju na *mehanizmima zaključivanja*. Preciznije, poslovni agent posjeduje mehanizme za:

- izdvajanje korisničkih profila;
- usporedbu korisničkih profila;
- izgradnju društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga;
- analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga.

**Samostalnost (autonomnost):** Poslovni agent izvršava poslove samostalno, bez intervencija svoga vlasnika, pri čemu su važna dva svojstva – *reaktivnost* i *proaktivnost*.

---

popis  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{pr}, \mathcal{E}_1}$  dostavlja poslovni agent nakon što stvori strukturu koja predstavlja društvenu mrežu korisnika telekomunikacijskih usluga.

**Reaktivnost:** Poslovni agent ima sposobnost reagirati na utjecaje iz svog okružja u kojem djeluje (primjerice, pojavu novog korisnika ili promjenu profila postojećeg korisnika).

**Proaktivnost:** Poslovni agent poduzima inicijative sukladne preuzetim zadaćama (primjerice, analiza društvene mreže svojih korisnika prije uvođenja nove telekomunikacijske usluge ili grupiranje korisnika kao priprema za pružanje suradne usluge).

Na Sl. 2.2 promatra se odnos jednog davatelja usluga (formalno predstavljenog kao  $t$ ) s njegovim korisnicima. Davatelj usluga  $t$  je na B2C-tržištu zastupljen sa svojim programskim agentom  $a_t$  koji sadrži sljedeće informacije:

$$a_t = (\mathcal{A}_{\mathcal{X}_t}, ikp, usp, idm, ADM), \quad (2.4)$$

gdje  $\mathcal{A}_{\mathcal{X}_t}$  označava sve korisničke agente s čijim vlasnicima je davatelj usluga  $t$  u poslovnim odnosu, dok  $ikp, usp, idm$  i  $ADM$  označavaju četiri skupine mehanizama koje davatelj usluga posjeduje:

- mehanizam za izdvajanje korisničkih profila;
- mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila;
- mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga;
- mehanizme za analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga,

respektivno.

Mehanizam za izdvajanje korisničkih profila je formalno definiran kao funkcija koja za argumente uzima uvjet izdvajanja ( $u_{izd}$ ) te profile svih korisnika s kojima je davatelj usluga  $t$  u poslovnom odnosu (formalno predstavljeni kao skup  $\mathcal{P}_t$ ):

$$\mathcal{P}_t = \{\cup_{i=1,2,\dots,|\mathcal{X}_t|} \mathcal{P}_{k_i}\}, \quad (2.5)$$

i kao rezultat vraća skup onih korisničkih profila koji zadovoljavaju zadani uvjet – skup  $\mathcal{P}_{u_{izd}}$ :

$$ikp(\mathcal{P}_t, u_{izd}) \rightarrow \mathcal{P}_{u_{izd}}, \quad (2.6)$$

s tim da vrijedi  $\mathcal{P}_{u_{izd}} \subseteq \mathcal{P}_t$ .

Zatim, mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila je formalno definiran kao funkcija koja za argumente uzima dva korisnička profila i kao rezultat vraća realni broj s vrijednošću između 0 i 1:

$$usp(\mathcal{P}_{k_i}, \mathcal{P}_{k_j}) : \mathcal{P} \times \mathcal{P} \rightarrow [0,1], \quad (2.7)$$

gdje veća vrijednost rezultata označava veću sličnost među korisničkim profilima. Tako usporedba  $usp(p_{k_i}, p_{k_j}) = 0$  označava da su korisnički profili  $p_{k_i}$  i  $p_{k_j}$  u potpunosti različiti, dok usporedba  $usp(p_{k_i}, p_{k_j}) = 1$  označava da su korisnički profili  $p_{k_i}$  i  $p_{k_j}$  identični. Također, bitno je za naglasiti da je funkcija  $usp$  simetrična, odnosno da vrijedi:

$$usp(p_{k_i}, p_{k_j}) = usp(p_{k_j}, p_{k_i}). \quad (2.8)$$

Nadalje, mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga je formalno definiran kao funkcija koja za argumente uzima matricu međusobne sličnosti svih profila korisnika s kojima je davatelj usluga u poslovnim odnosu i kao rezultat vraća graf  $\mathcal{G}_{dm_t}$ :

$$idm([mat]_{usp, p_{k_i} | \mathcal{K}_t}) : \begin{bmatrix} usp(p_{k_1}, p_{k_1}) & \cdots & usp(p_{k_1}, p_{k_{|\mathcal{K}_t|}}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ usp(p_{k_{|\mathcal{K}_t|}, p_{k_1}}) & \cdots & usp(p_{k_{|\mathcal{K}_t|}, p_{k_{|\mathcal{K}_t|}}) \end{bmatrix} \rightarrow \mathcal{G}_{dm_t}. \quad (2.9)$$

Graf  $\mathcal{G}_{dm_t}$  predstavlja društvenu mrežu korisnika telekomunikacijskih usluga i definiran je kao:

$$\mathcal{G}_{dm_t} = (\mathcal{K}_t, \mathcal{E}), \quad (2.10)$$

što znači da graf ima  $|\mathcal{K}_t|$  čvorova od kojih svaki predstavlja jednog korisnika, a između nekih parova čvorova se nalaze grane (skup svih grana označen je s  $\mathcal{E}$ ) čija težina označava razinu povezanosti ("implicitnog prijateljstva") korisnika u društvenoj mreži. Također, na temelju grafa  $\mathcal{G}_{dm_t}$  poslovni agent  $a_t$  svakom korisničkom agentu  $a_{k_i}$  iz skupa  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_t}$  dostavlja popis  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{pr_{k_i}}}$ , na kojem se nalaze oni korisnički agenti s kojima se promatrani korisnički agent  $a_{k_i}$  nalazi u odnosu „implicitnog prijateljstva“ (Sl. 2.2).

Naposljetku, mehanizmi za analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga ( $ADM$ ) označavaju skupinu mehanizama koji se temelje na teoriji grafova, a omogućavaju analizu društvene mreže korisnika iz različitih perspektiva.

# Poglavlje 3

---

## PROFILI KORISNIKA TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA

Poglavlje započinje predstavljanjem povezanih istraživanja na području profiliranja korisnika te pregledom normiranja na tom području. Potreba za formalnim opisom informacija i njihovim zapisom u računalno razumljivom formatu rezultirala je stvaranjem niza jezika koji se zajedničkim imenom nazivaju tehnologije semantičkog weba. Uza same metode oblikovanja i pohrane informacija u računalno razumljivom obliku, ovo poglavlje analizira i moguće načine dohvata pohranjenih informacija. Nadalje, objašnjeno je kako upotrebom tehnologija semantičkog weba stvoriti korisnički profil. Na kraju, predstavljen je prijedlog korisničkog profila koji se nadalje koristi u disertaciji.

### 3.1 Istraživanje i normiranje na području korisničkih profila

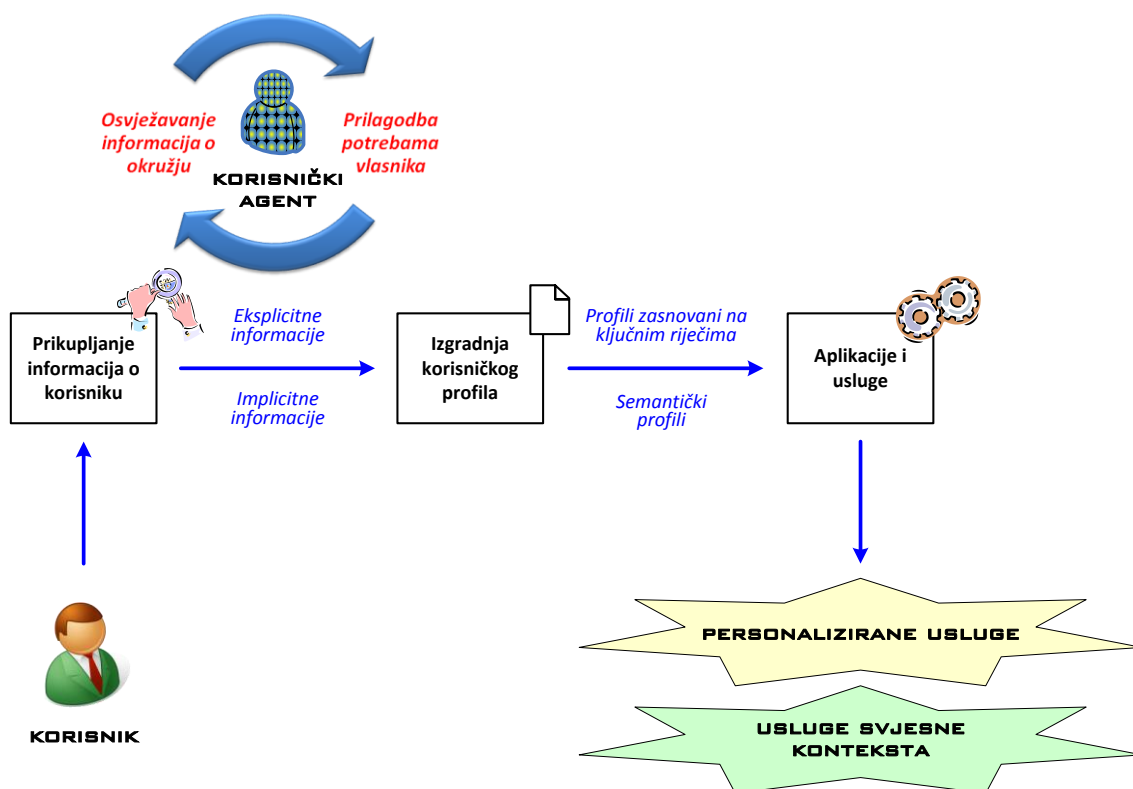
Korisnički profil je virtualna reprezentacija korisnika u ICT-sustavu koja entitetima u sustavu omogućuje stvaranje modela korisnika. Ovisno o namjeni ICT-sustava, korisnički profili se razlikuju po vrsti te opsegu informacija koje sadrže, ali i po tehnologiji koja je korištena za njihov zapis.

Ponajprije zahvaljujući razvoju i dostupnosti pokretne mreže i Interneta te ugradnji naprednih senzora u pokretne uređaje<sup>30</sup> [125][126][127][128][129][130][131], količina dostupnih informacija o pojedinim korisnicima raste eksponencijalnom brzinom [132]. Iako su informacije dragocjen resurs, činjenica da dolaze u ogromnom obimu zapravo smanjuje njihovu vrijednost [133]. Potrebno je pronaći skup informacija koji nije prevelik, ali u potpunosti opisuje korisnika

---

<sup>30</sup> <http://www.apple.com/iphone/iphone-3gs/high-technology.html>

iz aspekta davatelja usluga. Nadalje, potrebno je pronaći tehnologiju zapisa koja omogućuje da procesom stvaranja i održavanja upravljaju programski agenti.



Sl. 3.1. Životni ciklus korisničkog profila

Danas postoje mnoge istraživačke inicijative, ali i komercijalni projekti, s ciljem personalizacije aplikacija i usluga. Taj proces se naziva *profiliranje korisnika*. Ranija istraživanja u području profiliranja korisnika bila su u domeni elektroničke pošte [134], elektroničkih vijesti [135][136] i *Usenet* grupa [137][138]. Novija su istraživanja, kao i komercijalni projekti, pretežno usmjereni na problematiku pretraživanja web-dokumenata<sup>31</sup> [139] i web-portala<sup>32</sup> [140], zatim sustava za preporučivanje sadržaja [5][10][12][13][14][141] i mehanizama namijenjenih profiliranju pokretnih korisnika [142][143][144][145][146]. Međutim, bez obzira na svrhu profiliranja korisnika, dva najveća izazova na ovom području su:

<sup>31</sup> Google Personalized Search, <https://www.google.com/psearch/>

<sup>32</sup> Yahoo Personalized Portal, <http://my.yahoo.com/>

1. Kako prikupiti i iskoristiti informacije o korisnicima, a pritom biti efikasan<sup>33</sup>?
2. Kako spriječiti narušavanje korisnikove privatnosti?

Prvi problem se rješava preciznim definiranjem životnog ciklusa korisničkog profila (na Sl. 3.1 prikazani su osnovni koraci životnog ciklusa korisničkog profila). Prvi korak u životnom ciklusu korisničkog profila je *faza prikupljanja informacija o korisniku*, gdje razlikujemo *eksplicitne* i *implicitne informacije*. Eksplicitne informacije su one koje su nastale kao izravna posljedica korisnikove akcije (npr. korisnik sam definira da mu je preferirani jezik engleski), dok implicitne informacije nastaju kao posljedica promatranja korisnikove aktivnosti (npr. prema trenutnoj IP-adresi korisnikovog pokretnog uređaja se zaključuje da se on nalazi u Hrvatskoj). Druga faza je *faza izgradnje korisničkog profila*, gdje razlikujemo *profile zasnovane na ključnim riječima* i *semantičke profile*. Najrašireniji način zapisa profila se zasniva na skupu ključnih riječi, zbog toga jer se popunjavanje takvog profila može, bez većih komplikacija, izvršiti (polu-)automatskom ekstrakcijom iz (web-)dokumenata ili izravnim popunjavanjem od strane samog korisnika. Uobičajeno je svakoj navedenoj ključnoj riječi u korisničkom profilu pridijeliti težinu (engl. *weight*) koja služi za detaljniji opis činjenice kolika je zapravo veza između korisnika i promatrane ključne riječi. Nadalje, ključne riječi se vrlo često grupiraju u kategorije s ciljem dobivanja što standardnije korisnikove reprezentacije. Profili zasnovani na ključnim riječima su vrlo pogodni za pohranu i održavanje, jer su oni zapravo obični tekstualni dokumenti. S druge strane, semantički profili su napredniji mehanizam reprezentacije korisnika, ali zato i složeniji iz aspekta pohrane i održavanja budući da se temelje na ideji povezivanja koncepata navedenih u samom profilu s jedinstvenom strukturiranom terminologijom definiranom na razini čitavog sustava. Nadalje, kao što se iz Sl. 3.1 može vidjeti, ako zadužimo programskog agenta da upravlja životnim ciklusom korisničkog profila, tada *statične* profile pretvaramo u *dinamične*. Statični profili su oni koji se ne mijenjaju kroz vrijeme, već od svog nastanka do kraja životnog ciklusa zadržavaju iste informacije o korisnicima. Za razliku od toga, dinamični profili se mijenjaju kroz vrijeme, uzimajući u obzir razlike između kratkoročnih i dugoročnih korisnikovih potreba, ali isto tako i kontinuirano osvježavajući kontekstne informacije koje opisuju korisnikovo okružje.

Pitanje korisnikove privatnosti je drugi važan problem s kojim se susrećemo u procesu profiliranja korisnika. Poimanje privatnosti korisnika se uvelike izmijenilo razvojem Interneta, ponajviše zbog dviju vrsta usluga – lokacijskih usluga (engl. *location-based services*, LBS)[147][148][149][150] i usluga zasnovanih na fenomenu društvenih web-stranica [151][152]. Međutim, unatoč činjenici da je privatnost korisnika puno više izložena javnosti

---

<sup>33</sup> Pojam efikasnosti se razlikuje ovisno o samoj svrsi korisničkog profiliranja, ali najčešće se odnosi na osiguravanje dva ključna uvjeta: 1) da su informacije o korisnicima relevantne (da nisu zastarjele); te 2) da se samo profiliranje korisnika može izvršiti u zadanim vremenskim okvirima, uz zadržavanje potrebne kvalitete procesa.

danas nego prije deset godina, istraživanja pokazuju kako su se korisnici vrlo dobro prilagodili novoj situaciji. Korisnici su svjesni kako su dobiti koje im omogućuju nove tehnologije i inovativne usluge puno veće od potencijalnih prijetnji na njihovu privatnost. Naravno, korisnici pritom koriste usluge samo od onih davatelja koji im jamče da će odgovorno raspolagati znanjem o njima, prije svega ostvarujući sigurnost od neovlaštenog pristupa i povjerljivost [127][153].

U nastavku je dan pregled normiranja korisničkih profila relevantan za okružje nove generacije mreža. Na kombinaciji i proširenju predstavljenih normi se temelji i korisnički profil predložen u disertaciji.

### 3.1.1 Composite Capabilities/Preferences Profile

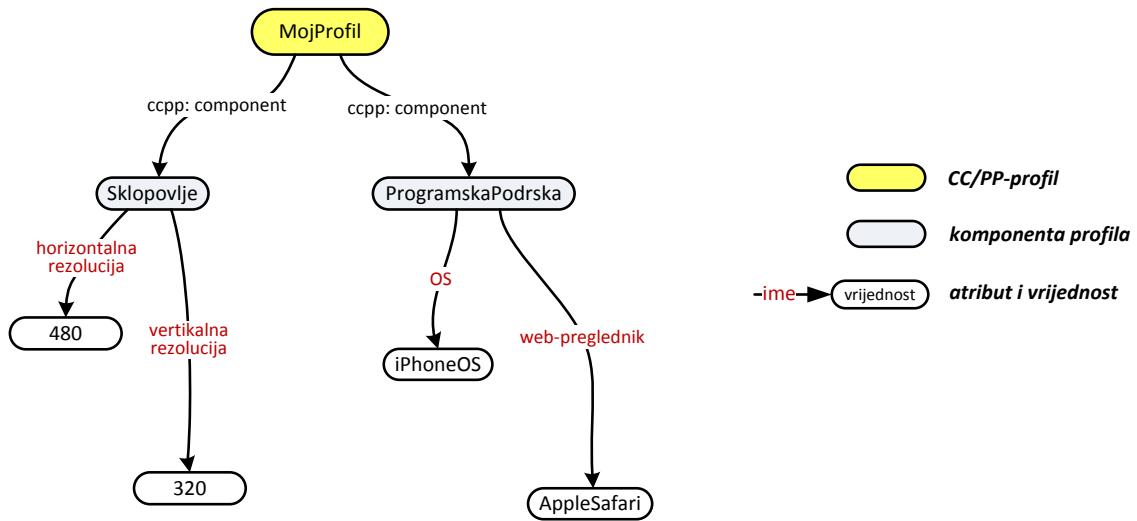
*Composite Capabilities/Preferences Profile*<sup>34</sup> (CC/PP) [154][155][156] je specifikacija za stvaranje korisničkih profila koja se temelji na standardu RDF (*Resource Description Framework*). CC/PP-profilu su predviđeni za opisivanje tehničkih mogućnosti uređaja i korisničkih preferencija, a koriste se za prilagodbu telekomunikacijskih usluga specifičnim uređajima. CC/PP-profil sadrži barem jednu *komponentu*, dok je svaka komponenta određena barem jednim *atributom*. Komponente opisuju osnovne elemente od kojih se sastoji korisnički profil. Atributi detaljnije opisuju pojedine komponente te zajedno s komponentama tvore strukturu stabla. Jednostavan primjer profila koji se sastoji od dvije komponente, svaka s dva atributa dan je na Sl. 3.2. Profil, nazvan *MojProfil*, sastoji se od dvije komponente koje opisuju *sklopovlje* i *programsku podršku* terminala. Prva komponenta, *Sklopovlje*, sastoji se od dva atributa koji opisuju ekran korisničkog uređaja. Druga komponenta, *ProgramskaPodrska*, opisuje operacijski sustav te web-preglednik koji se nalaze na uređaju. Na sličan način, dodavanjem komponenti i prikladnih atributa, mogu se opisivati i druge tehničke karakteristike korisničkog uređaja, kao i korisničke preferencije.

CC/PP specificira podršku za pretpostavljene (engl. *default*) attribute, što omogućuje korisniku da u svom profilu definira samo one komponente i attribute koji se razlikuju od pretpostavljenih, dok se svi ostali atributi smatraju jednakim onima u pretpostavljenom profilu. Pretpostavljeni profil može biti odvojeni RDF-dokument koji se identificira putem URI-a (*Uniform Resource Identifier*).

---

<sup>34</sup> <http://www.w3.org/Mobile/CCPP/>





Sl. 3.2. Primjer stablaste strukture CC/PP-profila

### 3.1.2 User Agent Profile

Udruga *Open Mobile Alliance*<sup>35</sup> (OMA) [157][158] specificira vokabular za opisivanje korisničkih uređaja pod nazivom *User Agent Profile* (UAProf). UAProf-profilu su strukturirani prema CC/PP-formatu te se sastoje od komponenti i atributa. Definirano je da UAProf služi za opisivanje tehničkih svojstava korisničkog uređaja i sadrži informacije koje se mogu koristiti pri prilagođavanju usluga pojedinom korisničkom uređaju. Za opisivanje korisničkih preferencija potrebno je nadograditi UAProf-specifikaciju [159]. U skladu s CC/PP-specifikacijama, UAProf-profil je RDF-dokument koji se sastoji od sljedećih osnovnih komponenti:

- `HardwarePlatform` – opisuje sklopovske mogućnosti uređaja (npr., podržanu rezoluciju i vrstu tipkovnice);
- `SoftwarePlatform` – sadrži attribute koji opisuju programsku podršku uređaja;
- `BrowserUA` – sadrži attribute za opis ugrađenog web-preglednika;
- `NetworkCharacteristics` – sadrži attribute za opis mrežnog okružja uređaja;
- `WapCharacteristics` – komponenta koja opisuje WAP (*Wireless Application Protocol*) mogućnosti uređaja;
- `PushCharacteristics` – skup atributa koji specificiraju *push* mogućnosti uređaja.

Unutar UAProf-specifikacije [160] nalazi se potpuni popis atributa povezanih s pojedinom komponentom. UAProf ujedno definira protokole za prijenos profila.

<sup>35</sup> <http://www.openmobilealliance.org/>

### 3.1.3 Ostale norme za opisivanje korisničkih profila

Zajednica *Internet Engineering Task Force* (IETF) je definirala format *Presence Information Data Format*<sup>36</sup> (PIDF), koji se temelji na jeziku XML (*Extensible Markup Language*) i služi za zapisivanje informacija o prisutnosti entiteta. PIDF je definiran na način da uključuje samo osnovni skup informacija o korisniku, ali je prikladan za proširivanje. Jedna od postojećih nadogradnji PIDF-a je *Rich Presence Information Data Format*<sup>37</sup> (RPID), koji proširuje standard PIDF zadržavajući pritom kompatibilnost unatrag. Ono zbog čega je RPID-format posebno zanimljiv jest činjenica da je dizajniran na način da mnoge informacije mogu biti automatski pohranjene u RPID-profil, primjerice iz kalendara ili na temelju korisničkih aktivnosti. RPID-profil omogućuje vrlo bogat opis korisnika, tako da definira vokabular za opis *aktivnosti* kojom se korisnik trenutno bavi, korisničkog *uređaja*, *raspoloženja* korisnika, *mjesta* na kojem se korisnik nalazi, *vremenske zone* u kojoj se korisnik nalazi te drugih atributa koji opisuju korisnika te okruženje u kojem se korisnik nalazi.

*Friend of a Friend*<sup>38</sup> (FOAF) [161][162][163] je vokabular za opisivanje ljudi i njihovih međusobnih odnosa, na način koji je razumljiv računalima (u RDF-formatu). FOAF-profil opisuje osnovne osobne informacije, interese te veze s drugim osobama, što ih čini prikladnima za izgradnju društvenih mreža.

Iz pregleda normiranja korisničkih profila relevantnog za okruženje nove generacije mreža može se zaključiti kako je za stvaranje korisničkih profila potrebno koristiti tehnologije semantičkog weba, koje su objašnjene u nastavku.

## 3.2 Tehnologije semantičkog weba

*„Imam san o mreži u kojoj računala postaju sposobna analizirati sve dostupne podatke – sadržaj, poveznice te transakcije između ljudi i računala. "Semantički web" koji to može omogućiti tek treba biti stvoren, ali nakon što se pojavi, mehanizmi trgovine, birokracije te naše svakodnevne obveze bit će upravljane računalima koja međusobno razgovaraju. "Inteligentni agenti" koje su ljudi dugo prizivali konačno će se pojaviti“ [164].*

WWW je usluga koja se zasniva na internetskoj infrastrukturi, a omogućuje krajnjem korisniku pristup velikom skupu međusobno logički povezanih digitaliziranih resursa (općenito nazivanih

<sup>36</sup> PIDF je opisan u *Request For Comments* (RFC) 3863: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3863.txt>.

<sup>37</sup> RPID je opisan u *Request For Comments* (RFC) 4480: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4480.txt>.

<sup>38</sup> Opis projekta nalazi se iza poveznice <http://www.foaf-project.org/>.

*dokumentima*) koji se fizički nalaze bilo gdje unutar internetske mreže. Iz aspekta računalnih programa, glavni problem Weba je činjenica da su gotovo svi podaci u dokumentima zapisani koristeći HTML (*HyperText Markup Language*), jezik koji ne odvaja podatak o tome *što prikazati* od onoga *kako prikazati*, nego web-preglednici (engl. *web browser*) izvlače podatke iz HTML-dokumenata, uređuju ih i prikazuju na zaslonu računala. Pretraživanje podataka svodi se na traženje ključnih riječi ili cijelih izraza koji odgovaraju upitu. Ne postoji mogućnost preciznog definiranja traženog pojma tako da, primjerice, u rezultate budu uključeni i sinonimi za traženu riječ, a homonimi ne [165]. Samim time postaje nužno pronaći način na koji bi se podaci mogli zapisati u računalno razumljivom obliku, tako da ih računalni programi mogu samostalno interpretirati.

Primjena tehnologija semantičkog weba pretpostavlja model otvorenog svijeta (engl. *open-world model, OWM*) u kojem nemogućnost pronalaska neke izjave ne implicira da ona ne postoji [166]. Suprotnost tome je model zatvorenog svijeta (engl. *closed-world model, CWM*) u kojem izjave koje ne mogu biti pronađene ne postoje. Klasičan primjer CWM-a je raspored vožnje tramvaja – ako na rasporedu nije navedeno da postoji tramvaj u 17.35 sati, to znači da se u to vrijeme niti jedan tramvaj ne zaustavlja na stanici [167]. Za razliku od toga, u OWM-u takva činjenica nije isključena sve dok nije eksplicitno navedena.

*World Wide Web Consortium*<sup>39</sup> (W3C) propagira semantički web<sup>40</sup> [168][169][41][170][171][172] kao koncept koji mijenja način na koji se podaci zapisuju, pretražuju i razmjenjuju [173][174][175]. Traženje ključnih riječi je zamijenjeno odgovaranjem na upite, a računala mogu međusobno komunicirati koristeći definirani vokabular te pronađene podatke zatim prikazivati korisnicima [176]. Semantički web ne treba promatrati kao zamjenu za postojeći Web, već kao njegovo proširenje koje služi za formalno opisivanje podataka i njihovu razmjenu. Za definiranje koncepata i njihovih međusobnih odnosa unutar semantičkog weba koriste se ontologije.

### 3.2.1 Ontologije

Formalno promatrano, ontologija je izjava logičke teorije. Ovisno o području koje se razmatra, postoje dvije osnovne definicije ontologije [177][178][179]:

<sup>39</sup> <http://www.w3.org/>

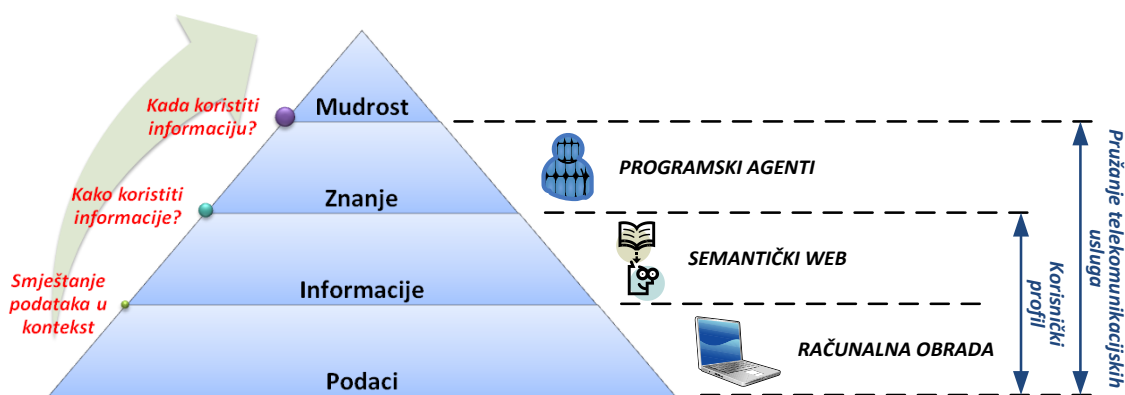
<sup>40</sup> Zanimljiv tekst s odgovorima na najčešća pitanja o samom konceptu semantičkog weba može se naći na W3C-stranicama: <http://www.w3.org/2001/sw/SW-FAQ>.

- u *filozofiji* – proučavanje bitka koje kao cilj ima definiranje osnovnih kategorija i relacija između bića kako bi se definirali entiteti i tipovi entiteta;
- u *računalnoj znanosti* – podatkovni model za predstavljanje koncepata iz interesne domene, te definiranje relacija između tih koncepata.

„Ljudi ne mogu dijeliti znanje ako ne razgovaraju istim jezikom“ [180]. Razmjena znanja je moguća jedino ako sudionici govore istim jezikom, odnosno ako preslikavaju podatak u objekt na isti način. To znači da prizivaju isti koncept kada koriste neki podatak. Ontologije omogućuju računalima da postignu takvo uzajamno razumijevanje.

### 3.2.2 Podaci, informacije i znanje o korisniku

Do sada su u disertaciji korištena sva tri pojma – i pojam *podatka*, i pojam *informacije* i pojam *znanja*. Ovdje će biti definirana razlika između njih [181].



Sl. 3.3. DIKW-hijerarhija

Ovisno o kontekstnim atributima koje se pojavljuju uz veličinu dobivenu opažanjem, ljudsko shvaćanje znanja može se opisati hijerarhijskim ustrojem koji kreće od najsiromašnijeg kontekstnog opisa, *podataka*, prema sve bogatijima: *informacijama*, *znanju* i *mudrosti* (engl. *data*, *information*, *knowledge*, *wisdom*, *DIKW*). DIKW-hijerarhija [182], prikazana na Sl. 3.3, kao temelj uzima *podatke* koji predstavljaju neki jednostavan zapis, npr. brojku dobivenu mjerenjem ili opažanjem. Ova hijerarhijska razina ne sadrži mjernu jedinicu ili bilo kakav drugi kontekstni atribut koji bi dodao šire značenje zapisu. Sljedeća razina hijerarhije su *informacije* koje *podacima* dodaju kontekstni atribut ekvivalentan mjernoj jedinici. Primjerice, na razini *podataka* se može naći zapis 77, dok je na razini *informacija* tom zapisu pridružena i mjerna jedinica te glasi 77 metara. Proširenjem konteksta postaje jasno kako se radi o broju koja predstavlja udaljenost, ali još uvijek nije jasno gdje se ta *informacija* javlja i kako bi u

budućnosti mogla biti iskorištena. Sljedeća razina, *znanje*, donosi odgovor na pitanje *kako koristiti informaciju*. Najviša razina razumijevanja podataka, *mudrost*, zasad je svojstvena samo ljudima i pruža odgovor na pitanje *kada koristiti informaciju*.

Ako se DIKW-hijerarhija preslika na model računalne obrade, može se primijetiti kako su računalni programi danas najčešće ograničeni razinom *podataka*. Čak i u slučaju kada, primjerice, uz broj stoji i mjerna jedinica, računalo ne razumije da je *metar* iz prethodnog primjera mjerna jedinica za udaljenost. Korištenje formalnih metoda za zapisivanje *podataka* te jasno definiranje koncepata i relacija koje predstavljaju vokabular za opisivanje određene domene omogućuju računalno razumijevanje na razini *informacija*. Daljnja nadogradnja prema razini *znanja* omogućena je pomoću programskih agenata – inteligentnih programa sa svojstvom autonomnosti koji imaju sposobnost usvajanja *znanja* [183].

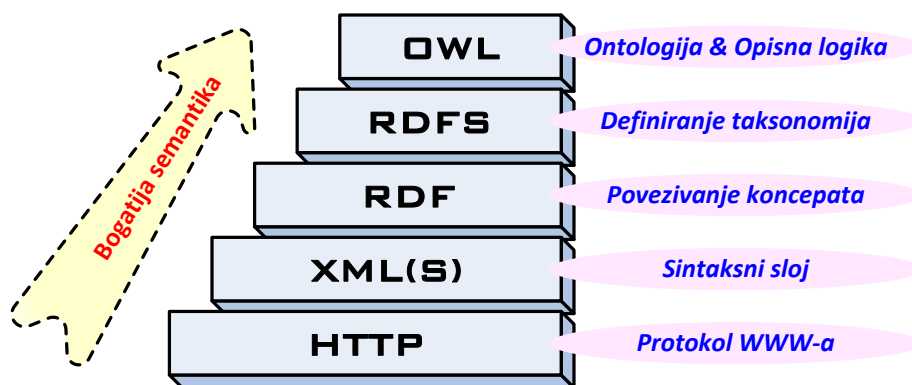
U poglavlju 1.1 navedeno je da davatelj usluga u novoj generaciji mreža mora moći prikupljati, pohranjivati i koristiti *znanje o korisnicima*. DIKW-hijerarhija objašnjava zašto su potrebne tehnologije semantičkog weba i programskih agenata za ostvarenje te ideje [121]. Najprije, semantički profili, osim što rješavaju problem polisemije<sup>41</sup> i sinonima<sup>42</sup> koji su inherentni profilima zasnovanim na ključnim riječima, omogućuju da računala na njih ne gledaju više samo kao na podatke (kao što je nužno slučaj za profile zasnovane na ključnim riječima), već kao na informacije (Sl. 3.3). Nadalje, ako zadužimo programske agente da upravljaju životnim ciklusom korisničkog profila, tada za njih semantički profil predstavlja znanje na temelju kojega mogu autonomno donositi odluke o svojim akcijama, a sukladno preuzetim zadaćama.

### 3.2.3 Elementi izgradnje semantičkog weba

Kako bi se semantički web uspješno izgradio, pa zatim i koristio, potrebno je upotrijebiti više tehnologija [184], kao što je prikazano na Sl. 3.4 [185]. Protokol HTTP (engl. *Hypertext Transfer Protocol*) omogućava dostupnost distribuiranim ontologijama s bilo kojeg mjesta. Nadalje, jezik XML(S) (engl. *Extensible Markup Language (Schema)*) definira sintaksu zapisa dokumenta, a jezik RDF uvodi pojam trojki koje u obliku grafa služe za pohranu semantičkih podataka. Jezik RDFS (engl. *RDF Schema*) nadograđuje RDF uvođenjem pojmova klasa, podklasa i domena, dok jezik OWL (engl. *Web Ontology Language*) uvodi dodatnu izražajnost koja omogućava veliku slobodu pri stvaranju ontologija.

<sup>41</sup> Polisemija (višeznačnost) je svojstvo riječi koje imaju nekoliko različitih značenja.

<sup>42</sup> Sinonimi (istoznačnice) su različite riječi koje imaju isto značenje.



Sl. 3.4. Elementi izgradnje semantičkog weba

### 3.2.3.1 Hypertext Transfer Protocol

Protokol HTTP<sup>43</sup>, podržan URI<sup>44</sup>-mehanizmom koji omogućuje jednoznačnu identifikaciju na globalnoj razini, pruža podršku za dostupnost ontologija s bilo kojeg mjesta.

### 3.2.3.2 Extensible Markup Language

*Extensible Markup Language*<sup>45</sup> (XML) je W3C-preporuka i specifikacija za općeniti zapis strukturiranih podataka temeljena na oznakama. Jezik XML definira sintaksu za strukturiranje dokumenata, ali pritom podacima navedenim u jednom takvom dokumentu ne dodjeljuje nikakvo semantičko značenje. Definira se kao proširivi jezik (engl. *extensible*) zbog mogućnosti da korisnici definiraju vlastite oznake (engl. *tag*). XML-dokument se sastoji od jednog korijenskog elementa i proizvoljnog broja čvorova. Postoje tri ključne vrste čvorova: *elementi*, *atributi* i *tekst*. Primjer XML-dokumenta prikazan je s Isp. 3.1, a struktura istog dokumenta je vizualizirana grafičkim prikazom na Sl. 3.5.

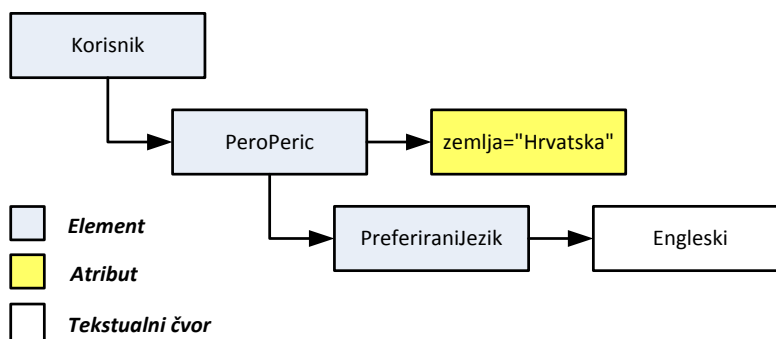
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Korisnik>
  <PeroPeric zemlja="Hrvatska">
    <PreferiraniJezik>Engleski</PreferiraniJezik>
  </PeroPeric>
</Korisnik>
```

Isp. 3.1. Primjer XML-dokumenta

<sup>43</sup> <http://www.w3.org/Protocols>

<sup>44</sup> <http://www.w3.org/Addressing>

<sup>45</sup> <http://www.w3.org/XML/>



Sl. 3.5. Grafički prikaz strukture XML-dokumenta

### 3.2.3.3 Extensible Markup Language Shema

Na XML se nadograđuje XML Schema<sup>46</sup> koja uvodi dodatne restrikcije u strukturu XML-dokumenata te proširuje XML s tipovima podataka.

### 3.2.3.4 Resource Description Framework

RDF<sup>47</sup> je skup W3C-specifikacija koje se danas koriste za općenito modeliranje informacija i njihov zapis pomoću većeg broja različitih sintaksnih formata. RDF omogućava pohranu, izmjenu i korištenje informacija distribuiranih diljem mreže, zapisanih u računalno razumljivom formatu. Kod RDF-a se, dakle, ne govori više o podacima već o informacijama. Osnovna ideja RDF-modela je zapisivanje informacija u obliku izjava koje se sastoje od tri elementa: *subjekta*, *predikata* i *objekta* (engl. *Subject, Verb, Object, SVO*). Takve izjave, ili trojke (engl. *triplets*), se međusobno povezuju i stvaraju strukturu poznatu kao graf, koji se sastoji od čvorova i grana. U tom slučaju subjekti i objekti izjava postaju čvorovi grafa, a predikati grane. RDF-model jedna je od osnovnih komponenti koje čine današnji semantički web. Često se zapisuje koristeći XML-sintaksu što se označava kao RDF/XML, ali postoje i drugi formati zapisa poput *Notation3*<sup>48</sup> (N3).

Subjekt RDF-izjave je resurs identificiran preko svog URI-a. Postoje i resursi koji nisu definirani URI-em, a nazivaju se prazni čvorovi (engl. *blank nodes*). Predikat RDF-izjave je također resurs koji označava relaciju između subjekta i objekta. Objekt izjave može biti resurs ili *Unicode literal*. Jednostavan primjer izjave koja se sastoji od navedena tri elementa jest: „Pero Peric

<sup>46</sup> <http://www.w3.org/XML/Schema>

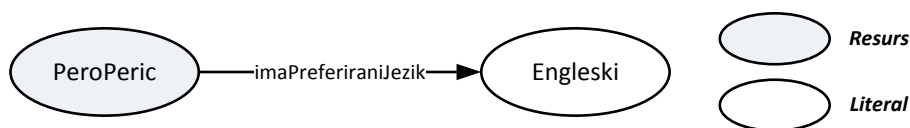
<sup>47</sup> <http://www.w3.org/RDF/>

<sup>48</sup> <http://www.w3.org/DesignIssues/Notation3.html>

ima preferirani jezik engleski". Takva izjava se može zapisati korištenjem RDF/XML sintakse kako je prikazano s Isp. 3.2, a struktura iste je vizualizirana grafičkim prikazom na Sl. 3.6.

```
<rdf:Description rdf:about="http://korisnici.org/PeroPeric">
  <ex:imaPreferiraniJezik>Engleski</ex:imaPreferiraniJezik>
</rdf:Description>
```

Isp. 3.2. Primjer subjekt-predikat-objekt izjave



Sl. 3.6. Grafički prikaz strukture subjekt-predikat-objekt izjave

### 3.2.3.5 Resource Description Framework Schema

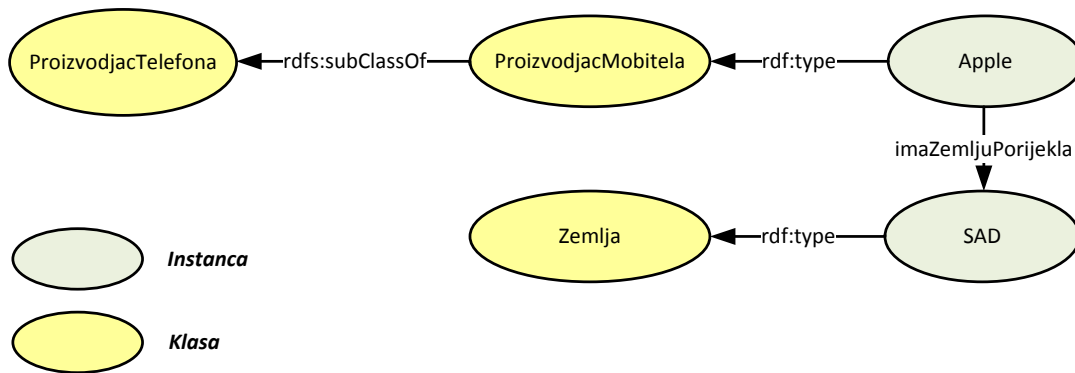
RDF je specifikacija za zapisivanje informacija u širem smislu. Budući da u RDF nije ugrađena podrška za definiranje dozvoljenog vokabulara (često nazivanog i ontologija), RDFS<sup>49</sup> se pojavio kao ekstenzija koja to omogućava. RDFS uvodi mogućnost definiranja klasa i njihovog nasljeđivanja analogno principu poznatom u objektno-orijentiranim jezicima, ali i definiranja domene i kodomene predikata. Osnovni konstrukti RDFS-a su (primjer njihove upotrebe dan je na Sl. 3.7):

- `rdfs:Class` koji omogućava definiranje klasa. Instanca pojedine klase je s njom vezana preko `rdf:type` atributa;
- `rdfs:subClassOf` koji uvodi hijerarhiju klasa. Sve instance koje pripadaju klasi *A* ujedno su instance klase *B* ako je *A* podklasa od *B*;
- `rdfs:domain` i `rdfs:range` koji definiraju domenu i kodomenu atributa.

`ProizvodjacTelefona` i `ProizvodjacMobitela` su klase, ali je potonja specifičnija od prethodne i definirana je kao njezina podklasa. Klasi `ProizvodjacMobitela` pripada instanca `Apple`, a radi definicije `rdfs:subClassOf` relacije ta instanca ujedno pripada i njezinoj nadklasi. Instanca `SAD` pripada klasi `Zemlja`. U primjeru je uveden i jedan atribut, `imaZemljuPorijekla`, koji kao domenu ima klasu `ProizvodjacMobitela`, a kao kodomenu klasu `Zemlja`. Samim time može se zadati da se preko tog atributa vežu dvije instance navedenih klasa, kao što Sl. 3.7 i pokazuje.

<sup>49</sup> <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>





Sl. 3.7. Primjer osnovnih RDFS-konstrukata

### 3.2.3.6 Web Ontology Language

OWL<sup>50</sup> je jezik za definiranje ontologija, slično kao i RDFS, ali OWL uvodi znatno bogatiji vokabular za opisivanje klasa, njihovih međusobnih odnosa, atributa i njihovih svojstava. Na Sl. 3.9 do Sl. 3.13. može se vidjeti grafički prikaz OWL-ontologija korištenih u disertaciji. U odnosu na RDF/RDFS, OWL donosi sljedeće bitne novitete:

- restrikcije domene koje se primjenjuju samo na odabrane klase;
- klase se mogu definirati kao međusobno isključive;
- ograničenja kardinalnosti – primjerice, može se reći kako instanca klase `ProizvodjacMobitela` ima točno jednu `Zemlju` porijekla;
- posebna svojstva predikata – predikati se mogu definirati kao tranzitivni, inverzni i jedinstveni.

S obzirom na potrebe, definiraju se tri varijante jezika OWL s različitim mogućnostima i razinama izražajnosti:

- *OWL Lite* je najjednostavnija varijanta namijenjena korisnicima kojima je potrebna mogućnost izgradnje klasifikacijske hijerarhije i jednostavna ograničenja kardinalnosti. Kardinalnost je ograničena na vrijednosti 0 i 1;
- *OWL DL* nudi maksimalnu izražajnost bez gubitka računske cjelovitosti te daje garancije kako će računanje biti gotovo u konačnom vremenu;
- *OWL Full* pruža maksimalnu izražajnost i sintaksu RDF-a bez garancija na računsku cjelovitost. *OWL Full* može tretirati klasu kao skup individua, ali i kao individuu za sebe. Mala je vjerojatnost da će računala ikad pružiti potpunu podršku za *OWL Full*.

<sup>50</sup> <http://www.w3.org/TR/owl-features/>

Jezik OWL se zasniva na opisnoj logici (engl. *Description Logic, DL*) [186][187][188]. Opisna logika je formalizam koji se koristi za reprezentaciju informacija i zaključivanje te omogućuje razlučivanje implicitnih posljedica eksplicitno opisanog znanja. Osnovni elementi za prikazivanje znanja opisnom logikom su koncepti (engl. *concepts*), uloge (engl. *roles*) i individue (engl. *individuals*):

- *koncepti* označavaju klase stvari iz domene promatranja, npr. `OperatingSystem` ili `Browser` u ontologiji na Sl. 3.11;
- *uloge* označavaju odnose između stvari, npr. `hasOS` ili `hasBrowser` u ontologiji na Sl. 3.11;
- *individue* označavaju instance, npr. `WindowsVista` ili `AppleSafari` na Sl. 3.11.

Unutar prostora ontologija mogu se promatrati dvije vrste informacija: opće ili terminološke informacije (engl. *Terminology Box, TBox*) te utvrđene informacije (engl. *Assertion Box, ABox*). TBox informacije opisuju *koncepte* i njihove međusobne relacije (koje se nazivaju *uloge*), dok se ABox odnosi na opisivanje samih individua (pripadnost određenim konceptima, kao i dodjeljivanje uloga). Primjer TBox aksioma je  $C \sqsubseteq D$ , što označava da koncept  $D$  uključuje koncept  $C$ . Primjer ABox aksioma koji označava pripadnost individue  $a$  konceptu  $C$  jest  $C(a)$ , dok se povezivanje individua  $a$  i  $b$  ulogom  $r$  označava s  $r(a, b)$  [187]. Primjera radi, koncept  $C_1$  je definiran kao *jaguar* te koncept  $D_1$  kao *životinja*. Također, koncept  $C_2$  je definiran kao *jaguar* te koncept  $D_2$  kao *automobil*. Osim toga, definirana je i uloga  $r(D_1, D_2)$  koja stavlja *životinju* i *automobil* u relaciju *seVoziU*. Ako definiramo individuu  $a$  kao  $C_1(a)$  i individuu  $b$  kao  $C_2(b)$ , tada individue  $a$  i  $b$  možemo staviti u relaciju  $r(a, b)$  koja označava tvrdnju: *jaguar se vozi u jaguaru*. Iako ova tvrdnja bez upotrebe tehnologija semantičkog weba nije jednoznačna, njihova upotreba jednoznačno označava da se životinja jaguar vozi u automobilu jaguar.

### 3.2.4 Pohrana semantičkog znanja

Danas najraširenija tehnologija za pohranu podataka u računalu su relacijske baze podataka (engl. *Relational Databases, RDB*). Relacijska baza podataka se sastoji od relacija (odnosno tablica), koje čine retci i stupci podataka [189]. Podaci koji se nalaze u istom stupcu pripadaju istoj domeni i poštuju ista ograničenja. Za dohvat podataka pohranjenih u relacijskim bazama koristi se *Structured Query Language*<sup>51</sup> (SQL), deklarativni jezik koji omogućava spajanje podataka iz više tablica, te izdvajanje i sortiranje dohvaćenih podatka [190]. Takva

<sup>51</sup> Kada je jezik originalno predstavljen u prvoj polovici 1970-ih bio je nazvan SEQUEL, ali je kasnije dobio akronim SQL i kao takav je 1986. standardiziran od strane *American National Standards Institute (ANSI)*. Zato se i danas SQL ponekad izgovara kao engleska riječ *sequel*.

funkcionalnost SQL-a omogućava stvaranje upita koji spaja podatke iz različitih tablica, pod uvjetom da se podudaraju tipovi podataka u promatranim stupcima. Kao posljedica toga slijedi mogućnost da se iz jedne relacijske baze, primjerice, dohvate sve kuće koje imaju broj soba jednak broju vlasnikovih cipela. Tip podataka tih stupaca se podudara, ali semantički promatrano takav upit nema smisla<sup>52</sup>.

Semantički repozitoriji, od kojih su najpoznatiji *3store*[191], *db4OWL* [192], *Instance Store* [193], *Jena2* [194], *Kowari* [195], i *Sesame* [196][197], nude slične mogućnosti kao i sustavi za upravljanje relacijskim bazama (engl. *Relational Database Management System*, RDBMS) – pohranjivanje, dohvat i upravljanje. Međutim, za razliku od relacijskih baza koje se temelje na podatkovnom modelu i omogućuju operacije nad podacima, semantički repozitoriji kao osnovnu strukturu za zapis koriste graf te tako omogućuju operacije nad informacijama. Koristeći ontologije kao podlogu, semantički repozitoriji omogućavaju jednostavniju integraciju različitih izvora informacija, kao i osjetno više analitičkih mogućnosti<sup>53</sup>. Uz pomoć ontologije (koja se nastavlja na raniji primjer sa Sl. 3.7), nije teško pronaći sve proizvođače iz klase *ProizvodjacMobitela* ili samo one koji su geografski smješteni u zemljama SAD, Švedska ili Japan. Isto tako, pri dodavanju nove instance klase *ProizvodjacMobitela* u repozitorij, istovremeno se dodaju implicitne izjave koje slijede iz te akcije (npr., da ta instanca ujedno predstavlja i klasu *ProizvodjacTelefona*).

Sama pohrana semantičkih informacija može se temeljiti na relacijskim bazama podataka – informacije su pohranjene u memoriji ili na tvrdom disku u RDF/XML, N3 ili nekom sličnom formatu, a kao podloga se koristi relacijska baza. U tom slučaju SVO-trojke mogu biti zapisane, npr., u tablici s tri stupca. Ipak, postojanje i implementacija podrške za relacijske baze ovisi o izvedbi konkretnog semantičkog repozitorija<sup>54</sup>.

Dohvat informacija iz semantičkih repozitorija se temelji na jezicima koji svojom sintaksom i mogućnostima sličje jeziku SQL, ali su prilagođeni drugačijem podatkovnom modelu – umjesto nad relacijskom bazom takvi upiti se izvode nad grafom i kao rezultat vraćaju podgraf. Jedan od najstarijih jezika za dohvat informacija iz semantičkih repozitorija jest *RDF Data Query*

<sup>52</sup> <http://www.w3.org/DesignIssues/RDFnot.html>

<sup>53</sup> [http://www.ontotext.com/inference/semantic\\_repository.html](http://www.ontotext.com/inference/semantic_repository.html)

<sup>54</sup> Vrijedi napomenuti kako još ne postoji konsenzus oko definicije pojma „semantički repozitorij“ te se često u upotrebi mogu naći sinonimi poput semantička baza znanja, RDF-baza podataka, poslužitelj za ontologije, itd.

*Language*<sup>55</sup> (RDQL). Jednostavan RDQL-upit kojim se u varijablu *x* pohranjuju proizvođači mobitela (Sl. 3.7) prikazan je s Isp. 3.3<sup>56</sup>.

```
SELECT ?x WHERE (?x, <rdf:type>, ex:ProizvodjacMobitela)
USING ex FOR http://example.org#
```

### Isp. 3.3. Primjer jednostavnog RDQL-upita

Može se primijetiti kako trojka unutar `SELECT`-upita po strukturi odgovara trojkama kakve čine RDF-graf, ali s bitnom razlikom da na mjestu subjekta, predikata ili objekta može stajati varijabla<sup>57</sup>. U navedenom primjeru varijabla zamjenjuje subjekt te se kroz RDF-graf traže sve one trojke, u obliku podgrafova, koje odgovaraju upitu. Takvo pretraživanje naziva se podudaranje uzoraka (engl. *pattern matching*). Moguće je kombiniranje više SVO-izjava unutar jednog upita. Primjerice, RDQL-upit koji iz RDF-grafa na Sl. 3.7 vraća sve proizvođače mobitela koji dolaze iz SAD-a prikazan je s Isp. 3.4.

```
SELECT ?x WHERE (?x, <rdf:type>, ex:ProizvodjacMobitela),
                (?x, <ex:imaZemljuPorijekla>, ex:SAD)
USING ex FOR http://example.org#
```

### Isp. 3.4. Primjer složenijeg RDQL-upita

Trenutno jedan od zanimljivijih jezika u razvoju je *Sesame RDF Query Language*<sup>58</sup> (SeRQL, izgovara se kao engl. *circle*), koji je specificiran kao dio razvoja *Sesame* semantičkog repozitorija, dok pod okriljem W3C-a *RDF Data Access Working Group* (DAWG) razvija jezik SPARQL<sup>59</sup> (engl. *SPARQL Protocol And RDF Query Language*, rekurzivni akronim). Početkom 2008. godine SPARQL je postao službena W3C-preporuka.

<sup>55</sup> <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-RDQL-20040109/>

<sup>56</sup> U ovom primjeru `ex` služi kao *namespace*-prefiks pri definiranju URI-a resursa – potpuni URI za `ex:ProizvodjacMobitela` u ovom slučaju, nakon dodavanja prefiksa, jest <http://example.org#ProizvodjacMobitela>. Na sličan način koristi se i ugrađeni prefiks `rdf` koji označava <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>.

<sup>57</sup> U Isp. 3.3 može se primijetiti da na mjestu varijable stoji izraz `?x` – ovdje je `x` ime varijable, dok `?` označava varijablu, ali nije dio njenog imena.

<sup>58</sup> Više detalja o jeziku SeRQL može se pronaći iza poveznice <http://www.openrdf.org/doc/sesame/users/ch06.html>.

<sup>59</sup> <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

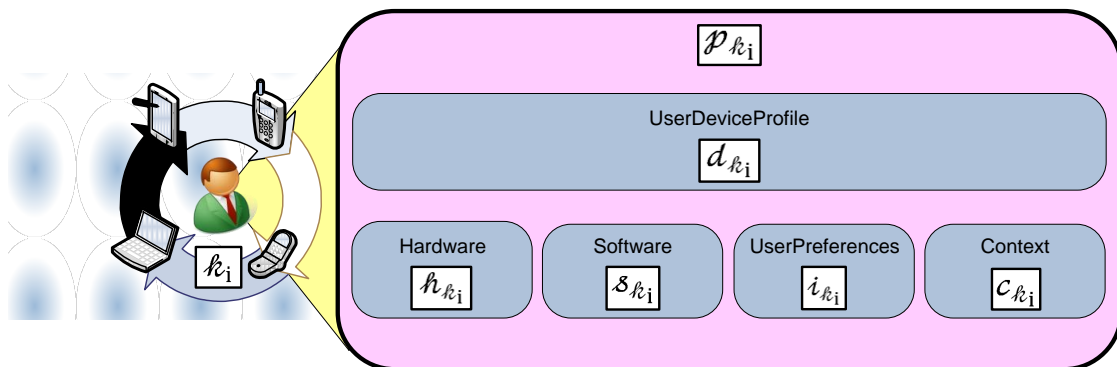
### 3.3 Profil korisnika telekomunikacijskih usluga u novoj generaciji mreža

U poglavlju 2.3 navedeno je da korisnik telekomunikacijskih usluga u novoj generaciji mreža  $k_i$  ima svog korisničkog agenta  $a_{k_i}$  koji, između ostalog, sadrži i korisnički profil  $p_{k_i}$ . Potrebno je detaljnije definirati strukturu korisničkog profila  $p_{k_i}$  pokušavajući što više slijediti normirana rješenja iz poglavlja 3.1, ali i imajući na umu zahtjeve koje utjecaj evolucije telekomunikacijske industrije stavlja na pružanje usluga u novoj generaciji mreža (Sl. 1.2). Stoga disertacija definira korisnički profil kao

$$p_{k_i} = (d_{k_i}, h_{k_i}, s_{k_i}, i_{k_i}, c_{k_i}), \quad (3.1)$$

gdje su dijelovi profila sljedeći (Sl. 3.8):

- informacija o vrsti korisničkog uređaja (engl. *user device*) ( $d_{k_i}$ );
- informacije o sklopovlju (engl. *hardware*) na korisničkom uređaju ( $h_{k_i}$ );
- informacije o programskoj podršci (engl. *software*) na korisničkom uređaju ( $s_{k_i}$ );
- informacije o korisnikovim interesima i preferencijama ( $i_{k_i}$ );
- korisničke kontekstne informacije ( $c_{k_i}$ ).



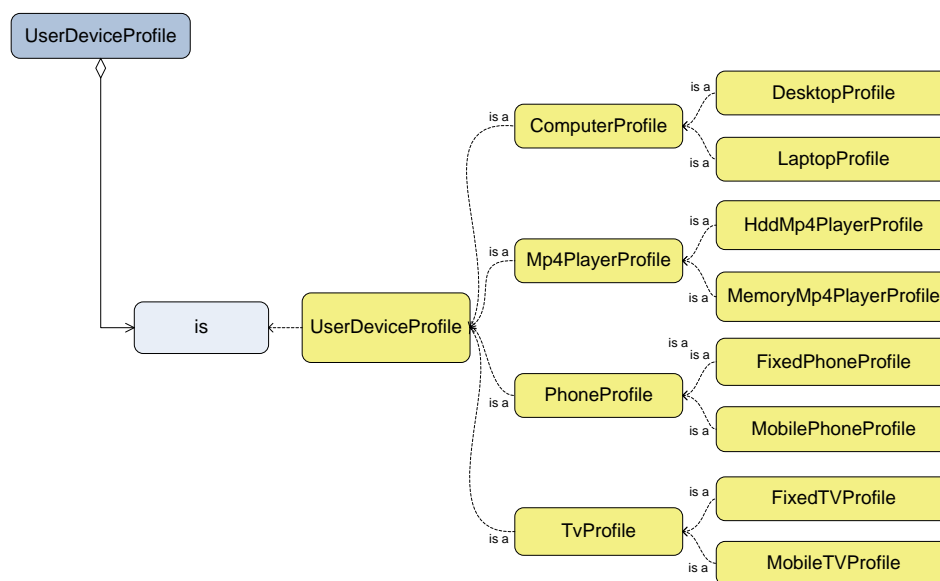
Sl. 3.8. Struktura korisničkog profila

S ciljem izgradnje profila korisnika telekomunikacijskih usluga, stvorena je ontologija koja opisuje svih pet navedenih domena interesa. Vizualni prikaz te ontologije po domenama interesa nalazi se na Sl. 3.9 do Sl. 3.13. U nastavku će najprije svaka od tih domena biti opisana, da bi se zatim predstavio prijedlog korisničkog profila.

Za stvaranje ontologije korišten je alat *Protégé*<sup>60</sup>. *Protégé* je samostalna platforma otvorenog koda (engl. *open source*) koja pruža niz alata za stvaranje ontologija. U svojoj jezgri *Protégé* sadrži skup struktura za modeliranje informacija, kao i skup alata za stvaranje, vizualizaciju i upravljanje ontologijama u raznovrsnim formatima. *Protégé* se temelji na programskom jeziku *Java* i može biti proširen brojnim raspoloživim dodacima (engl. *plug-in*) dostupnim putem *Web*<sup>61</sup>. *Protégé* omogućava stvaranje ontologija u dva osnovna formata – *Protégé-Frames* i *Protégé-OWL*. *Protégé-Frames* je model u skladu s protokolom *Open Knowledge Base Connectivity* (OKBC). *Protégé-OWL* je proširenje koje uvodi podršku za jezik *OWL* te je korišten pri stvaranju ontologije u disertaciji. Ontologije su definirane koristeći *OWL Lite* vokabular, koji se s obzirom na brzinu izvođenja, dostupne implementacije i ostale mogućnosti pokazao kao najbolji podskup jezika *OWL* za ovu primjenu.

### 3.3.1 Vrsta korisničkog uređaja

Na Sl. 3.9 prikazan je dio ontologije s izgrađenom hijerarhijom klasa, pomoću koje je definirana vrsta uređaja (*UserDeviceProfile*) koju korisnik koristi. Sukladno okružju mreža nove generacije i konceptu sveprisutnog računarstva (engl. *ubiquitous/pervasive computing*) [198][199][200], korisnički uređaj može biti računalo (*ComputerProfile*) [55], telefon (*PhoneProfile*) [54][201][202][203], mp4-reproduktor (*Mp4PlayerProfile*) i televizijski prijemnik (*TvProfile*) [204][205], odnosno neka od podvrsta navedenih uređaja.



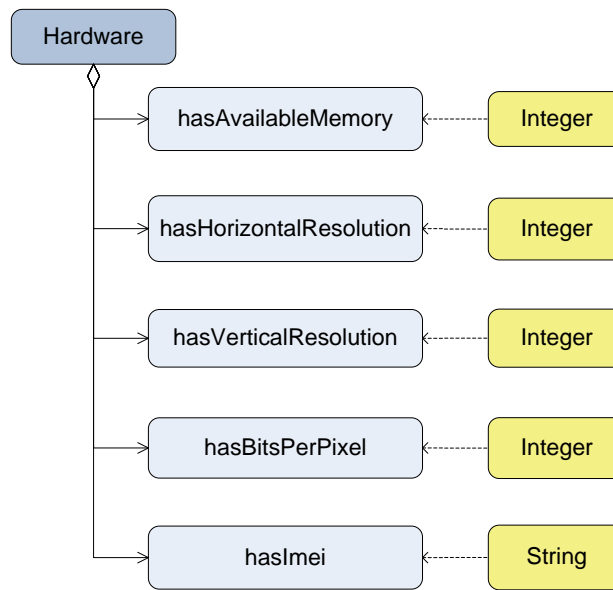
Sl. 3.9. Dio ontologije koji opisuje vrstu korisničkog uređaja

<sup>60</sup> *Protégé* je razvijen na Stanford University School of Medicine (<http://protege.stanford.edu>).

<sup>61</sup> <http://protege.stanford.edu/download/plugins.html>

### 3.3.2 Sklopovlje korisničkog uređaja

Na Sl. 3.10 prikazan je dio ontologije koji sadrži pet atributa za opisivanje sklopovlja korisničkog uređaja. Više detalja o navedenim atributima dato je u Tab. 3.1. Promatrani atributi opisuju memoriju korisničkog uređaja (`hasAvailableMemory`), karakteristike njegova zaslona (`hasHorizontalResolution`, `hasVerticalResolution` i `hasBitsPerPixel`) te jedinstvenu identifikaciju pokretnog telefona (`hasImei` – engl. *International Mobile Equipment Identity*, IMEI-broj).



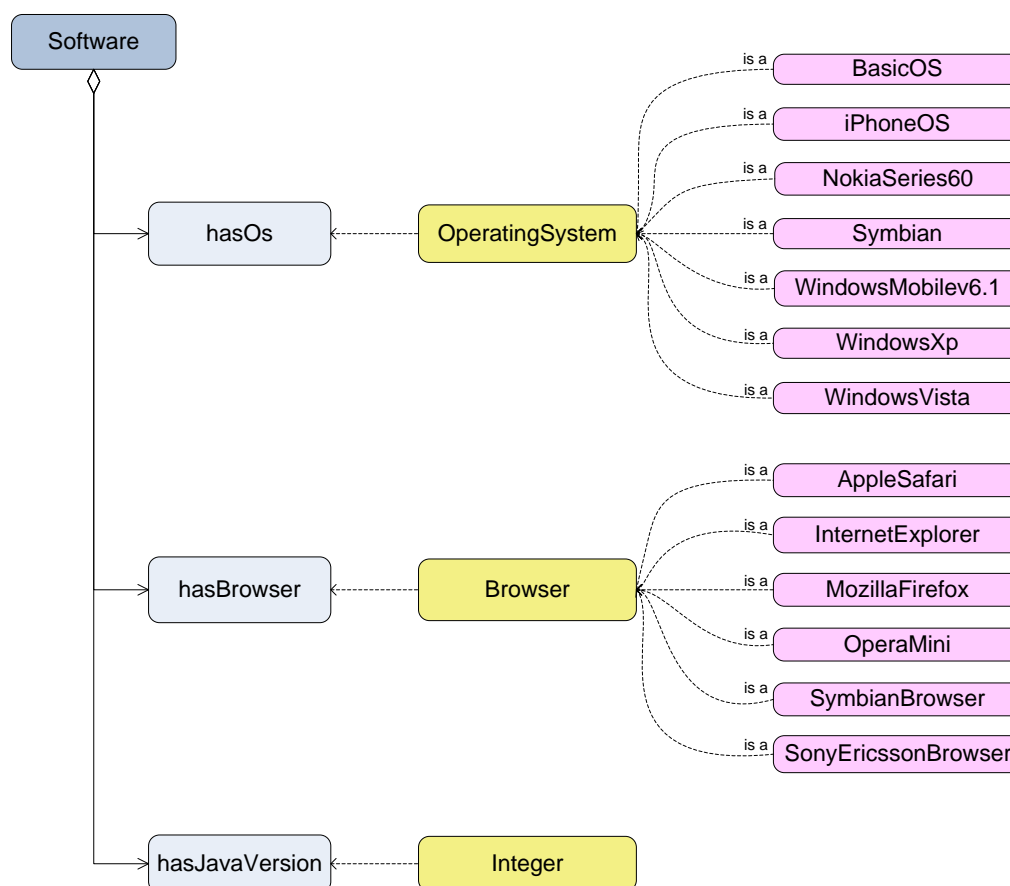
Sl. 3.10. Dio ontologije koji opisuje sklopovlje korisničkog uređaja

Tab. 3.1 Popis atributa korisničkog profila koji opisuju sklopovlje korisničkog uređaja

Atribut	Kodomena	Opis atributa
<code>hasAvailableMemory</code>	<code>integer</code>	Veličina memorije u korisničkom uređaju.
<code>hasHorizontalResolution</code>	<code>integer</code>	Horizontalna rezolucija zaslona korisničkog uređaja.
<code>hasVerticalResolution</code>	<code>integer</code>	Vertikalna rezolucija zaslona korisničkog uređaja.
<code>hasBitsPerPixel</code>	<code>integer</code>	Broj boja na zaslonu korisničkog uređaja.
<code>hasImei</code>	<code>string</code>	Jedinstveni identifikator pokretnog uređaja. Navodi se samo u slučaju kada je korisnički uređaj pokretni telefon.

### 3.3.3 Programska podrška na korisničkom uređaju

Na Sl. 3.11 prikazan je dio ontologije koji sadrži tri atributa za opisivanje programske podrške na korisničkom uređaju. Više detalja o navedenim atributima dano je u Tab. 3.2. Promatrani atributi opisuju operacijski sustav (*hasOs*) te web-preglednik (*hasBrowser*) [206] i verziju *Java* (*hasJavaVersion*) koji su instalirani na korisničkom uređaju.



Sl. 3.11. Dio ontologije koji opisuje programsku podršku na korisničkom uređaju

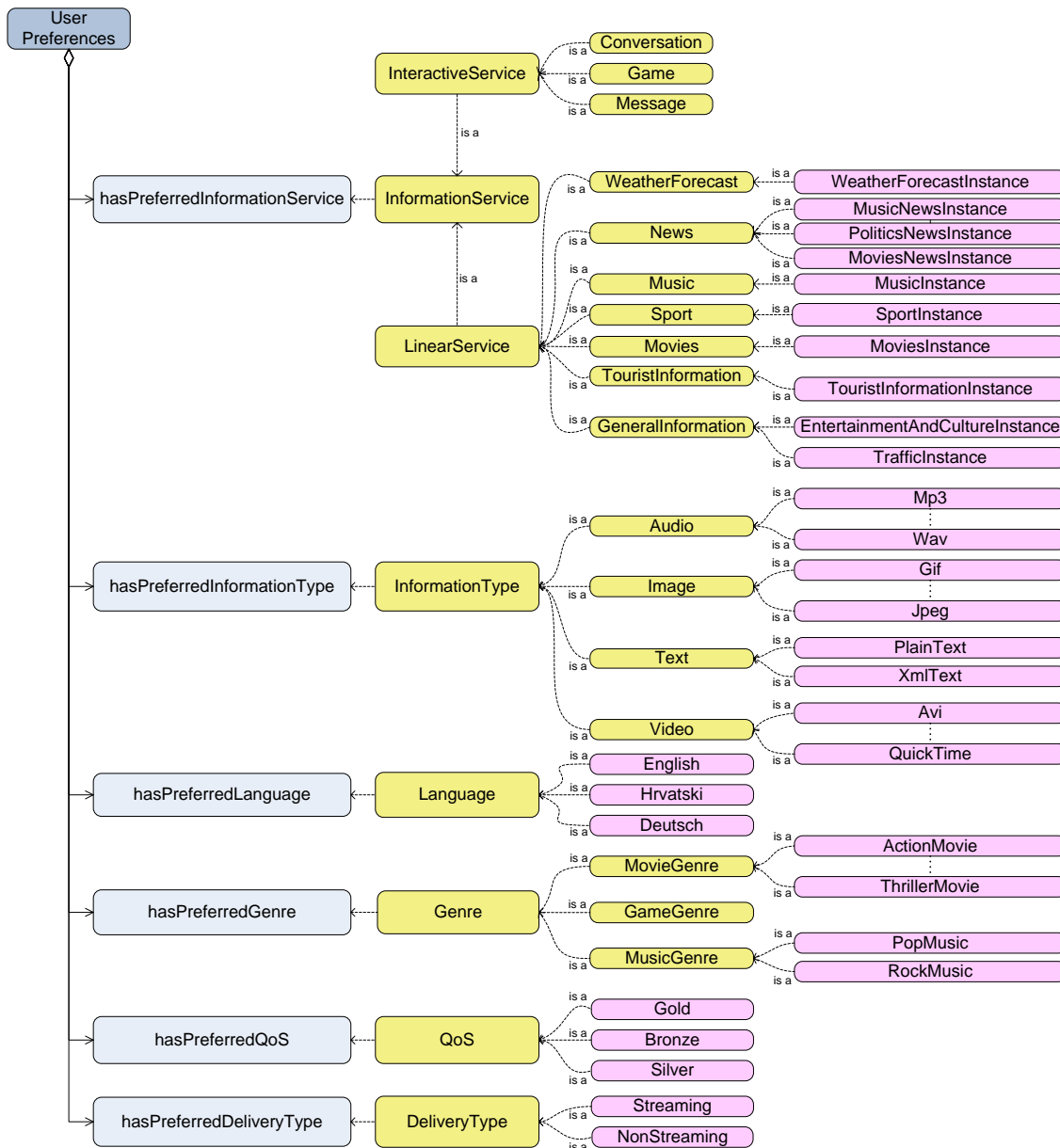
Tab. 3.2. Popis atributa korisničkog profila koji opisuju programsku podršku na korisničkom uređaju

Atribut	Kodomena	Opis atributa
<b>hasOs</b>	OperatingSystem	Operacijski sustav na korisničkom uređaju.
<b>hasBrowser</b>	Browser	Web-preglednik instaliran na korisničkom uređaju.
<b>hasJavaVersion</b>	integer	Verzija Java instalirana na korisničkom uređaju.



## 3.3.4 Korisnički interesi i preferencije

Na Sl. 3.12 prikazan je dio ontologije koji sadrži šest atributa za opisivanje korisničkih interesa i preferencija. Više detalja o navedenim atributima dato je u Tab. 3.3. Promatrani atributi opisuju uslugu za koju je korisnik zainteresiran (`hasPreferredInformationService`), preferiranu tematiku, jezik, oblik i način dostave sadržaja (`hasPreferredGenre`, `hasPreferredLanguage`, `hasPreferredInformationType` i `hasPreferredDeliveryType`) te željenu kvalitetu usluge (`hasPreferredQoS`) [18].



Sl. 3.12. Dio ontologije koji opisuje korisničke interese i preferencije

Tab. 3.3. Popis atributa korisničkog profila koji opisuju korisničke interese i preferencije

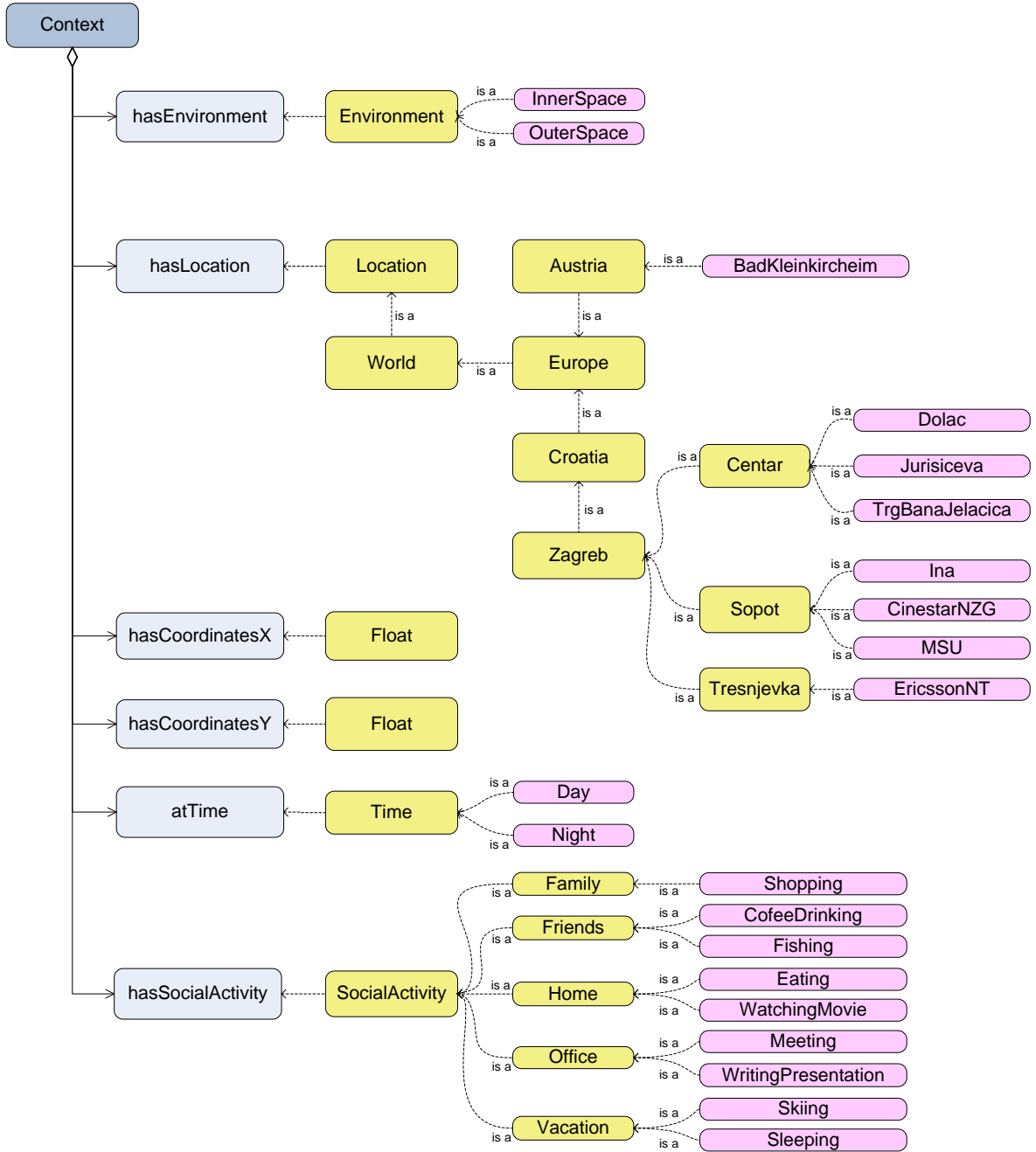
Atribut	Kodomena	Opis atributa
<b>hasPreferredInformationType</b>	InformationType	Oblik u kojem korisnik želi primati sadržaj. Sadržaj se može primati u tekstualnom, slikovnom te audio i video obliku, s pripadajućim formatima (vrstama kompresije).
<b>hasPreferredInformationService</b>	InformationService	Vrsta usluge koja je korisniku zanimljiva. Razlikuju se interaktivne usluge (razgovor, poruke, igre, ...) i linearne usluge (filmovi, glazba, turističke informacije, vremenska prognoza, vijesti, ...).
<b>hasPreferredLanguage</b>	Language	Jezik na kojem korisnik želi primati sadržaj.
<b>hasPreferredGenre</b>	Genre	Ukoliko korisnik želi primati višemedijski sadržaj ili želi sudjelovati u igri, ovaj atribut definira preferiranu tematiku.
<b>hasPreferredQoS</b>	QoS	Željena kvaliteta usluge definirana trima razinama.
<b>hasPreferredDeliveryType</b>	DeliveryType	Način isporuke sadržaja. Korisnik može sadržaj primati u stvarnom vremenu (engl. <i>streaming</i> ) ili ga može pohraniti na uređaj za kasnije konzumiranje (engl. <i>non-streaming</i> ).

### 3.3.5 Korisnički kontekst

Na Sl. 3.13 prikazan je dio ontologije koji sadrži šest atributa za opisivanje korisničkog konteksta [207][208][209]. Više detalja o navedenim atributima dato je u Tab. 3.4. Promatrani atributi opisuju okružje u kojem se korisnik nalazi (*hasEnvironment*) [111][210], lokaciju korisnika (*hasLocation* te *hasCoordinatesX* i *hasCoordinatesY*)[211], vrijeme pružanja usluge (*atTime*) te aktivnost korisnika (*hasSocialActivity*) [212]. Okružje u kojem se korisnik nalazi opisano je po uzoru na RPID-profil, koji posjeduje attribute *place-type*<sup>62</sup> i *place-is*. Aktivnost korisnika opisana je po uzoru na RPID-atribute *activities*<sup>63</sup> i *sphere*.

<sup>62</sup> Skup vrijednosti koje ovaj atribut može poprimiti je opisan u *Request For Comments* (RFC) 4589: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4589.txt>.

<sup>63</sup> Skup vrijednosti koje ovaj atribut može poprimiti je opisan u *Request For Comments* (RFC) 2445: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2445.txt>.



Sl. 3.13. Dio ontologije koji opisuje korisnički kontekst

Tab. 3.4. Popis atributa korisničkog profila koji opisuju korisnički kontekst

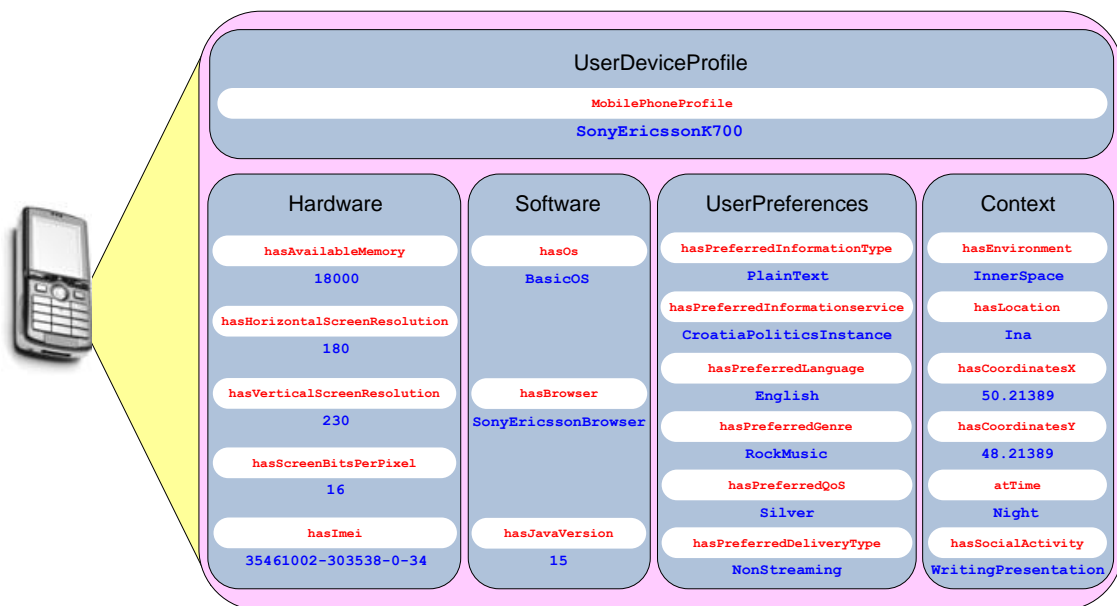
Atribut	Kodomena	Opis atributa
<b>hasEnvironment</b>	Environment	Okruženje u kojem se korisnik nalazi – može biti otvoreni ili zatvoreni prostor.
<b>hasLocation</b>	Location	Lokacija korisnika definirana adresom.
<b>hasCoordinatesX</b>	float	Lokacija korisnika definirana GPS-koordinatom (x-os).
<b>hasCoordinatesY</b>	float	Lokacija korisnika definirana GPS-koordinatom (y-os).
<b>atTime</b>	Time	Vrijeme u kojem se odvija pružanje usluge – određeno je pojmovima <i>dan</i> i <i>noć</i> .
<b>hasSocialActivity</b>	SocialActivity	Aktivnost kojom se korisnik trenutno bavi.

### 3.3.6 Prijedlog korisničkog profila

Korisnički profil se izvodi kao instanca jedne od klasa definirane dijelom ontologije koji opisuje korisnički uređaj (Sl. 3.9) te se popunjava u skladu s tehničkim karakteristikama uređaja, korisničkim preferencijama i relevantnim kontekstnim informacijama (Sl. 3.10 do Sl. 3.13). Za razliku od opisanih CC/PP-profila (poglavlje 3.1.1) i UAProf-profila (poglavlje 3.1.2), korisnički profili kreirani u sklopu disertacije sastoje se od jednog korijenskog elementa i vezanih atributa. Dio profila koji opisuje korisnički kontekst je velikim dijelom modeliran po uzoru na RPID-profil (poglavlje 3.1.3). Atributi kao domenu imaju korijenski element profila koji identificira korisnika i uređaj. Tab. 3.1 do Tab. 3.4 navode popis svih atributa koje sadrži profil te njihovih kodomena.

Profili su dokumenti koji se zapisuju koristeći RDF-vokabular i XML-format. Struktura profila je jednostavna i sastoji se od korijena i elemenata, što postavlja osnovu za brzo proširivanje i nadogradnju. Kako postoji ontologija koja specificira vokabular korisničkog profila (Sl. 3.9 do Sl. 3.13), nužno je brinuti da profil i ontologija budu sinkronizirani. Zadana struktura korisničkog profila je već prikazana na Sl. 3.8, dok Sl. 3.14 na temelju te strukture prikazuje primjer jednog korisničkog profila. Taj isti primjer korisničkog profila prikazan je i pomoću Isp. 3.5, samo ovaj puta kao RDF-zapis, u obliku kako je implementiran u sustavu kojim je verificirano rješenje predloženo u disertaciji. RDF-zapisi ostalih korisničkih profila korištenih u disertaciji mogu se vidjeti u prilogu disertaciji (Prilog: korisnički profil). Početni reci u Isp. 3.5 (reci 1-10) te završni redak (redak 43) su zahtijevani od strane XML, odnosno RDF, specifikacije, dok reci 11-42 opisuju korisnika i njegov uređaj:

- informacije o vrsti korisničkog uređaja ( $d_{k_i}$ ) sadržane su u recima 11-13, te retku 42
  - korijenski element profila izveden kao instanca jedne od klasa dijela ontologije koji opisuje korisnički uređaj (Sl. 3.9);
- informacije o sklopovlju na korisničkom uređaju ( $h_{k_i}$ ) sadržane su u recima 14-20
  - pet atributa s korijenskim elementom profila kao domenom i kodomenama definiranim u Tab. 3.1;
- informacije o programskoj podršci na korisničkom uređaju ( $s_{k_i}$ ) sadržane su u recima 21-25
  - tri atributa s korijenskim elementom profila kao domenom i kodomenama definiranim u Tab. 3.2;
- informacije o korisnikovim interesima i preferencijama ( $i_{k_i}$ ) sadržane su u recima 26-33
  - šest atributa s korijenskim elementom profila kao domenom i kodomenama definiranim u Tab. 3.3;
- informacije o korisničkim kontekstnim informacijama ( $c_{k_i}$ ) sadržane su u recima 34-41
  - šest atributa s korijenskim elementom profila kao domenom i kodomenama definiranim u Tab. 3.4.



Sl. 3.14. Prijedlog korisničkog profila

```
1 <?xml version="1.0"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
4   xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
5   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
6   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
7   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
8   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
9   xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User1.owl">
10
11 <!-- profile for User1's mobile phone Sony Ericsson K700 -->
12 <is:MobilePhoneProfile rdf:ID="SonyEricssonK700">
13
14 <!-- hardware -->
15 <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">18000</is:hasAvailableMemory>
16 <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">180</is:hasHorizontalScreenResolution>
17 <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">230</is:hasVerticalScreenResolution>
18 <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">16</is:hasScreenBitsPerPixel>
19 <is:hasImei rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">35461002-303538-0-34</is:hasImei>
20
21 <!-- software -->
22 <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#BasicOs"/>
23 <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#SonyEricssonBrowser"/>
24 <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">15</is:hasJavaVersion>
25
26 <!-- user preferences -->
27 <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#PlainText"/>
28 <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#CroatiaPoliticsInstance"/>
29 <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
30 <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#RockMusic"/>
31 <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Silver"/>
32 <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#NonStreaming"/>
33
34 <!-- context -->
35 <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
36 <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Ina"/>
37 <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">50.21389</is:hasCoordinatesX>
38 <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">48.21389</is:hasCoordinatesY>
39 <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Night"/>
40 <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WritingPresentation"/>
41
42 </is:MobilePhoneProfile>
43 </rdf:RDF>
```

### Isp. 3.5. Prijedlog korisničkog profila (RDF-dokument)

# Poglavlje 4

---

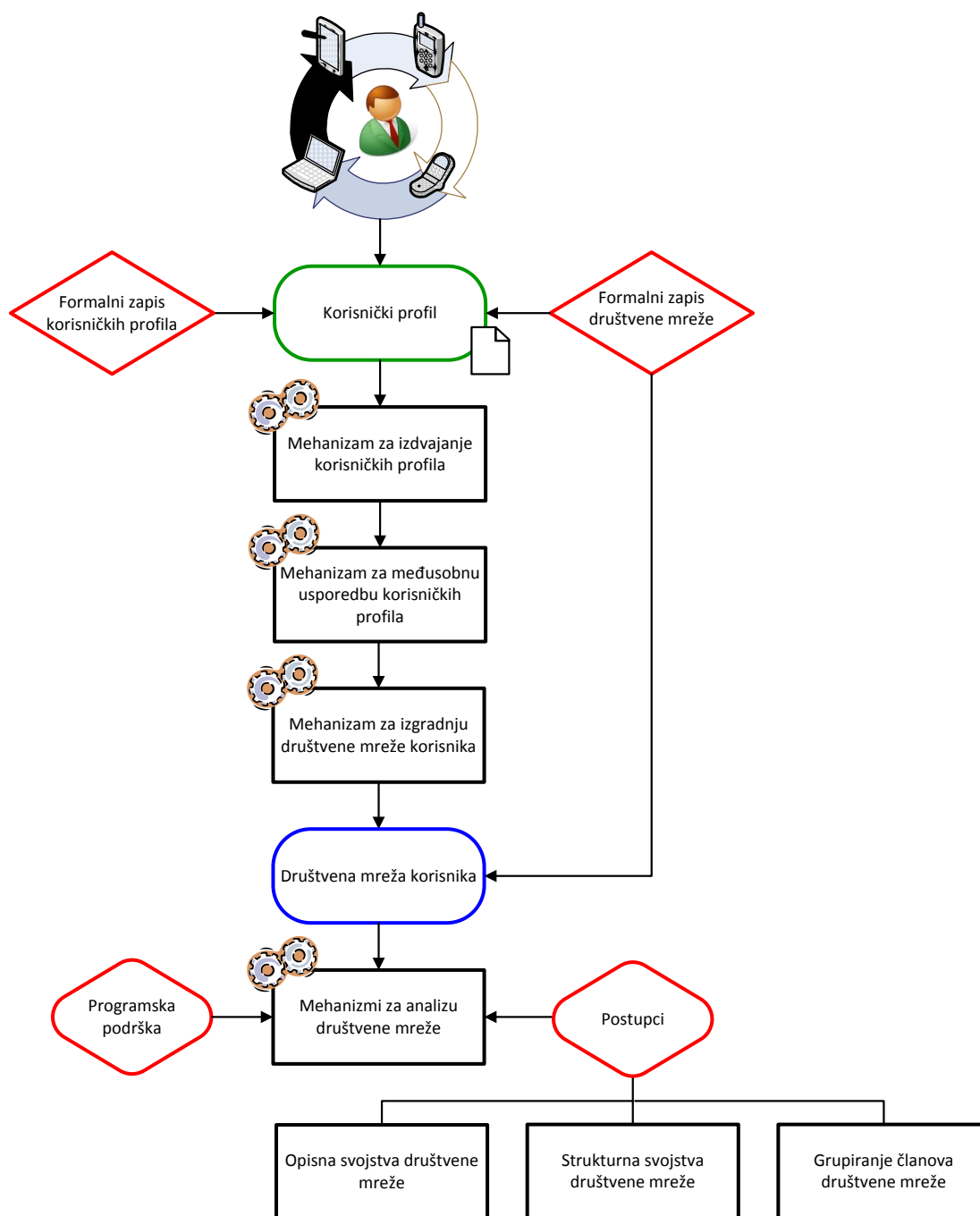
## DRUŠTVENA MREŽA KORISNIKA TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA

Društvena mreža može se izgraditi na dva načina:

- eksplicitno;
- implicitno [213].

Eksplicitno izgrađena društvena mreža je ona u kojoj su sve veze među entitetima rezultat svjesnog djelovanja tih istih entiteta. Iz danog pregleda društvenih mreža temeljenih na ICT-infrastrukturi može se primijetiti da se društvene web-stranice temelje upravo na principu eksplicitne izgradnje društvene mreže. To je posljedica činjenice da svaki korisnik društvene web-stranice mora inicirati povezivanje s nekim drugim korisnikom, da bi oni dvoje mogli postati „prijatelji“. Svaki korisnik društvene web-stranice se, dakle, svjesno „umrežio“. Eksplicitne društvene mreže se zasnivaju na vidljivim zajednicama, vidljivim ulogama i vidljivim odnosima.

S druge strane, implicitno izgrađena društvena mreža je ona u kojoj su veze među entitetima rezultat djelovanja neke „treće strane“ u sustavu, te sami entiteti niti ne moraju nužno biti svjesni s kojim ostalim korisnicima društvene mreže su „prijatelji“. Implicitna društvena mreža se zasniva na skrivenim zajednicama, skrivenim ulogama i skrivenim odnosima. Mehanizmi koje treća strana pritom koristi za izgradnju društvene mreže mogu biti različiti, ali se moraju temeljiti na opisu samih entiteta koji su uključeni u društvenu mrežu. Društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga, predstavljene u ovom poglavlju, su izgrađene upravo implicitnim načinom – opisi entiteta (odnosno korisnika telekomunikacijskih usluga) su korisnički profili, a „treća strana“ koja stvara društvenu mrežu na temelju sličnosti korisničkih profila, bez izravnog uplitanja korisnika u sam proces (Sl. 4.1), su davatelji usluga.



Sl. 4.1. Stvaranje i analiza društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga

U prošlom poglavlju predstavljen je prijedlog *korisničkog profila*, čija je *formalna definicija* ključna pretpostavka za dizajniranje mehanizama koji omogućuju stvaranje društvene mreže: *mehanizma za izdvajanje profila*, *mehanizma za međusobnu usporedbu profila* te *mehanizma*



za izgradnju društvene mreže. Analogno, formalna definicija društvene mreže ključna je pretpostavka za dizajniranje mehanizama koji omogućuju analizu društvene mreže. Stoga, ovo poglavlje započinje *formalnim opisom društvene mreže*, nakon čega su predloženi nabrojani mehanizmi za stvaranje društvene mreže, koji su i demonstrirani primjerom. Poglavlje završava pregledom *postupaka za analizu društvenih mreža* te kratkim pregledom *programske podrške* koja omogućava primjenu opisanih postupaka na stvorenoj društvenoj mreži.

## 4.1 Formalni opis društvene mreže

Formalni opis društvene mreže temelji se na teoriji grafova, što omogućuje računalnu analizu društvenih mreža. Dva najčešće upotrebljavana formalizma su opis društvene mreže *grafom* te *matricom*.

Najčešći oblik vizualizacije društvene mreže jest upravo graf koji vjerno prikazuje njenu strukturu. Osim za vizualizaciju, graf je vrlo pogodan i za formalni prikaz društvene mreže [214]. Graf  $\mathcal{G}$  se sastoji od čvorova (entiteta) i grana (veza), gdje je  $\mathcal{V}$  skup svih čvorova (engl. *vertices*), a  $\mathcal{E}$  skup svih grana (engl. *edges*) u grafu. Grafovi i teorija grafova pokazali su se iznimno korisnima u postupcima analize društvenih mreža. Najprije, teorija grafova već sadrži rječnik pojmova koji se mogu koristiti za opis i označavanje svojstava društvenih struktura. Korištenjem tog rječnika, moguće je precizno i nedvosmisleno raspravljati o svojstvima pojedine društvene mreže. Zatim, teorija grafova također implementira matematičke operacije pomoću kojih se velik broj svojstava društvenih mreža može mjeriti i kvantificirati. Na kraju, teoremi na kojima se temelji teorija grafova omogućuju dokazivanje teorija o društvenim mrežama, odnosno o društvenim strukturama koje te mreže predstavljaju. U nastavku će najprije biti predstavljeni najčešće korištene vrste grafova [215] u domeni društvenih mreža, a zatim i matični opis društvene mreže.

### 4.1.1 Neusmjereni graf

*Neusmjereni graf* (engl. *undirected graph*) [214][216] predstavlja društvenu mrežu u kojoj su veze između entiteta neusmjerene, odnosno opisuju situaciju u kojoj činjenica da je entitet  $v_a$  povezan s entitetom  $v_b$  implicira činjenicu da je i entitet  $v_b$  sigurno povezan s entitetom  $v_a$ . Ovakve veze se nazivaju simetričnim vezama, a takvi odnosi među entitetima u društvenoj mreži najčešće opisuju srodstvo (poput odnosa „u braku s“ ili „u rodu s“), zajedničku karakteristiku entiteta (npr. odnos „stanuje blizu“) ili neke vrstu interakcije između entiteta (npr. odnos „razgovara s“).

Neusmjereni graf  $\mathcal{G}$  sastoji se od dva skupa informacija – skupa čvorova

$$\mathcal{V} = \{v_1, v_2, \dots, v_{|\mathcal{V}|}\} \quad (4.1)$$

te skupa veza između parova čvorova

$$\mathcal{E} = \{e_1, e_2, \dots, e_{|\mathcal{E}|}\} \quad (4.2)$$

koje se nazivaju granama. U neusmjerenom grafu, svaka veza iz skupa  $\mathcal{E}$  predstavlja *neuređeni par* različitih<sup>64</sup> čvorova koje povezuje

$$e_{v_a v_b} = (v_a, v_b) | a, b \in \{1, 2, \dots, |\mathcal{V}|\}, a \neq b \quad (4.3)$$

te zbog neuređenosti vrijedi:

$$e_{v_a v_b} = (v_a, v_b) = (v_b, v_a) = e_{v_b v_a}. \quad (4.4)$$

Neusmjereni grafovi označavaju se kao:

$$\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E}). \quad (4.5)$$

Ukoliko graf predstavlja društvenu mrežu, tada čvorovi grafa predstavljaju entitete, dok grane predstavljaju postojanje veze između parova entiteta. Grana  $e_{v_a v_b} = (v_a, v_b)$  se nalazi u grafu ukoliko u društvenoj mreži postoji veza između entiteta koje u grafu predstavljaju čvorovi  $v_a$  i  $v_b$ . Graf  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$  se može prikazati dijagramom u kojem točke predstavljaju čvorove  $\mathcal{V}$ , odnosno entitete, a linije koje ih povezuju predstavljaju grane  $\mathcal{E}$ , odnosno veze između entiteta. Primjer neusmjerenog grafa je prikazan dijagramom na Sl. 4.2. Ukoliko pretpostavimo da graf na Sl. 4.2 modelira društvenu mrežu koja opisuje koje su osobe međusobno u rodu, tada se može primijetiti da su, npr., osobe  $v_2$  i  $v_5$  u rodu, dok osobe  $v_1$  i  $v_3$  nisu.

Za graf sa Sl. 4.2 vrijedi:

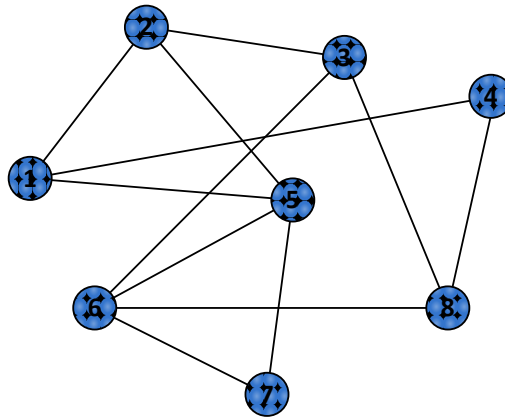
$$\mathcal{V} = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8\}, |\mathcal{V}| = 8, \quad (4.6)$$

te

$$\mathcal{E} = \{e_{v_1 v_2}, e_{v_1 v_4}, e_{v_1 v_5}, e_{v_2 v_3}, e_{v_2 v_5}, e_{v_3 v_6}, e_{v_3 v_8}, e_{v_4 v_8}, e_{v_5 v_6}, e_{v_5 v_7}, e_{v_6 v_7}, e_{v_6 v_8}\}, \quad (4.7)$$

$$|\mathcal{E}| = 12.$$

<sup>64</sup> Budući da u društvenim mrežama povezivanje entiteta sa samim sobom nema smisla ono kao takvo nije ni dozvoljeno.



Sl. 4.2. Primjer neusmjerenog grafa

#### 4.1.2 Usmjereni graf

Za razliku od veza opisanih u poglavlju 4.1.1, veze i odnosi između članova društvene mreže ponekad su usmjereni (odnosno postoji orijentacija veze od jednog entiteta prema drugome). U ovu vrstu veza spada primjerice „dojam o simpatičnosti“ između entiteta jer činjenica da entitet  $v_a$  smatra entitet  $v_b$  simpatičnim ne znači nužno da entitet  $v_b$  isto misli za entitet  $v_a$ .

*Usmjereni graf* (engl. *directed graph*) [217] koristi se za modeliranje upravo ovakve vrste veza. Kao i kod neusmjerenog grafa, usmjereni graf  $\vec{G}$  sastoji se od dva skupa informacija – skupa čvorova  $\mathcal{V}$  (definiranog s Izrazom (4.1)) te skupa usmjerenih veza između parova čvorova

$$\vec{\mathcal{E}} = \{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \dots, \vec{e}_{|\mathcal{E}|}\} \quad (4.8)$$

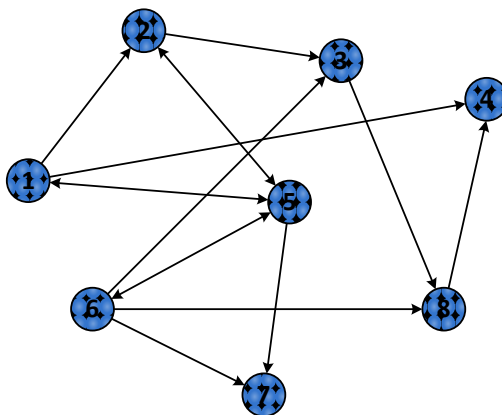
koje se nazivaju granama. Glavna razlika u odnosu na neusmjereni graf jest činjenica da, za razliku od skupa veza u neusmjerenom grafu, veze u usmjerenom grafu predstavljaju *uređeni par* čvorova koje povezuju. Tako je veza

$$\vec{e}_{v_a v_b} = \overrightarrow{(v_a, v_b)} | a, b \in \{1, 2, \dots, |\mathcal{V}|\}, a \neq b \quad (4.9)$$

usmjerena od čvora  $v_a$  prema čvoru  $v_b$  (prvi čvor  $v_a$  naziva se *pošiljatelj* (engl. *sender*) dok se drugi čvor  $v_b$  naziva *primatelj* (engl. *receiver*)). Treba naglasiti da zbog neuređenosti ne postoji simetričnost veza, odnosno da Izraz (4.4) može, ali ne mora vrijediti. Usmjereni grafovi označavaju se kao:

$$\vec{G} = (\mathcal{V}, \vec{\mathcal{E}}). \quad (4.10)$$

Kod prikazivanja usmjerenog grafa pomoću dijagrama čvorovi su ponovno predstavljeni kao točke dijagrama, dok su pojedine veze prikazane pomoću strelica koje započinju u *pošiljatelju* te završavaju u *primatelju*. Obostrane veze se u usmjerenom grafu prikazuju pomoću dvije strelice između para čvorova, za razliku od neusmjerenog grafa gdje su sve veze uvijek obostrane te se prikazuju samo jednom linijom između točaka koje predstavljaju odgovarajuće čvorove. Ova vrsta grafa se, primjerice, može upotrebljavati za modeliranje interakcija unutar zajednica (npr. slanje poruka među studentima [218]). Primjer usmjerenog grafa vizualiziranog dijagramom nalazi se na Sl. 4.3. Ukoliko pretpostavimo da graf na Sl. 4.3 modelira društvenu mrežu koja opisuje tko kome, unutar neke zajednice, šalje poruke, tada se može primijetiti da, npr., osoba  $v_2$  šalje poruke osobi  $v_3$ , ali osoba  $v_3$  ne šalje poruke osobi  $v_2$ .



Sl. 4.3. Primjer usmjerenog grafa

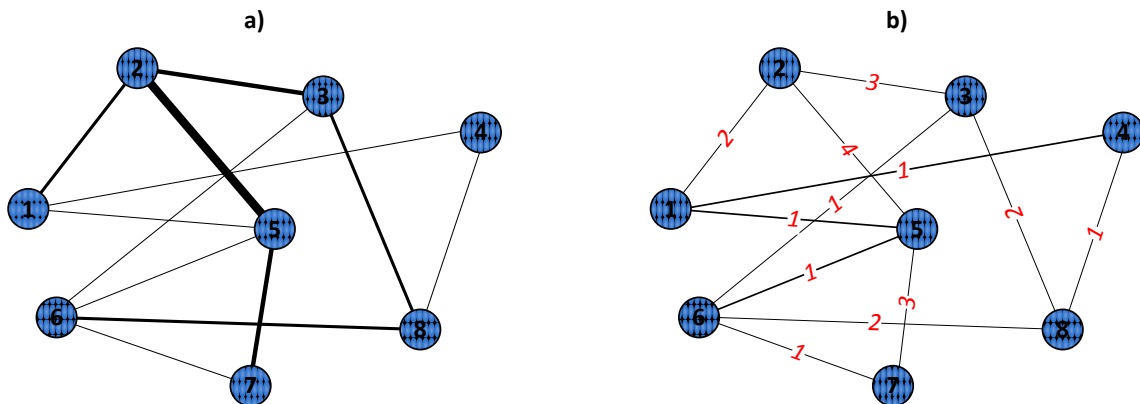
#### 4.1.3 Težinski graf

Za razliku od neusmjerenih i usmjerenih grafova, pogodnih za modeliranje društvenih mreža u kojima određena veza između entiteta ili postoji ili ne postoji, za modeliranje društvenih mreža često su potrebni grafovi koji mogu prikazati težinu (intenzitet, jačinu) veze između pojedinog para entiteta. Graf kojim se želi modelirati društvena mreža u kojoj su veze između entiteta težinski označene i predstavljaju intenzitet određene veze mora moći prikazati takve veze svojim skupom grana. Ovakav tip grafa naziva se *težinski graf* (engl. *weighted graph*) i potreban je, primjerice, kod društvene mreže u kojoj sudionici razlikuju vrstu „prijatelja“. Iako bi se ovi odnosi mogli prikazati pomoću više grafova u kojima bi veze označavale različite stupnjeve „prijateljstva“, dodjeljivanjem težinskih oznaka koje odgovaraju pojedinom stupnju „prijateljstva“ omogućuje se prikazivanje i modeliranje veze s više razina intenziteta na samo jednom grafu [219].

Težinski grafovi se sastoje se od tri skupa informacija – skupa čvorova  $\mathcal{V}$  (definiranog s Izrazom (4.1)), skupa grana  $\mathcal{E}$  (definiranog s Izrazom (4.2)) te skupa težina (engl. *weight*)  $\mathcal{W} = \{w_1, w_2, \dots, w_{|\mathcal{E}|}\}$  gdje je svaka vrijednost  $w_i$  dodijeljena grani  $e_i$  te predstavlja težinu te grane. U općem slučaju, svakoj vezi u težinskom grafu pridjeljuje se određena težina iz skupa realnih brojeva. Težinski grafovi označavaju se kao:

$$\mathcal{G}^{\mathcal{W}} = (\mathcal{V}, \mathcal{E}, \mathcal{W}). \quad (4.11)$$

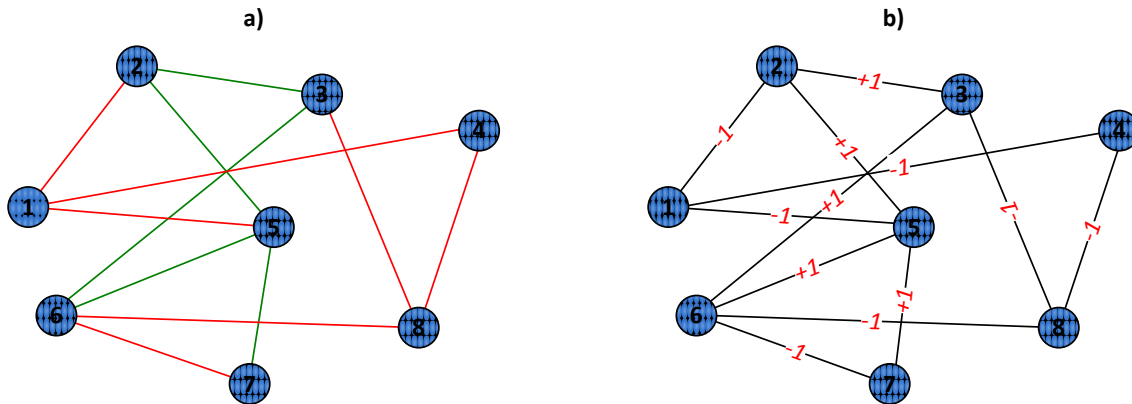
U analizi društvenih mreža najčešće se promatraju veze koje poprimaju diskretne vrijednosti te se kod njihovog modeliranja najčešće koriste težinski grafovi s konačnim skupom cjelobrojnih vrijednosti. U ovu skupinu može se svrstati i graf kojim bi se modelirala prethodno opisana veza kojom se određuje stupanj „prijateljstva“ između članova društvene mreže. U takvoj mreži, s primjerice četiri različita stupnja prijateljstva (*poznaničnik*, *dobar prijatelj*, *bliski prijatelj*, *najbolji prijatelj*) granama mogu biti pridijeljene cjelobrojne vrijednosti iz skupa  $\{1,2,3,4\}$ , respektivno. Sl. 4.4.a) dijagramski prikazuje primjer takvog težinskog grafa na kojem su težine pojedinih grana prikazane različitim debljinama grana, što daje vizualno pregledan prikaz. Alternativno, identična društvena mreža prikazana je i dijagramom na Sl. 4.4.b), samo što su u ovom prikazu težine grana vizualizirane brojevnim označavanjem grana. Iz Sl. 4.4 se može primijetiti da su, npr., entiteti  $v_2$  i  $v_5$  najbolji prijatelji,  $v_2$  i  $v_3$  bliski prijatelji,  $v_1$  i  $v_2$  dobri prijatelji,  $v_1$  i  $v_4$  poznanici, dok se entiteti  $v_1$  i  $v_6$  uopće ne poznaju.



Sl. 4.4. Primjer težinskog grafa  
(težine grana su vizualizirane: a) debljinom grane; b) brojevnom oznakom)

Posebna podvrsta težinskog grafa je onaj gdje se svaka grana može označiti s jednom od dvije vrijednosti iz skupa  $\{-1, +1\}$ , te se svaka veza može tumačiti kao „pozitivna“ ili „negativna“. Odnosi između entiteta u društvenoj mreži koji se mogu modelirati označenim grafom uključuju, npr., „voli/mrzi“ odnos kada su entiteti ljudi ili „u ratu sa/saveznik sa“ kada su

entiteti organizacije (u ovom slučaju države). Sl. 4.5.a) prikazuje primjer takvog posebnog težinskog grafa na kojem su oznake pojedinih grana prikazane različitim bojama grana (pozitivne veze označene su zelenom, a negativne crvenom bojom), što daje vizualno pregledan prikaz. Alternativno, identična društvena mreža prikazana je i na Sl. 4.5.b), samo što su u ovom prikazu oznake grana vizualizirane brojevnim oznakama (pozitivne veze označene su brojem +1, a negativne brojem -1). Iz Sl. 4.5 se može primijetiti da su, npr., entiteti  $v_1$  i  $v_2$  u negativnoj vezi, dok su entiteti  $v_5$  i  $v_7$  u pozitivnoj vezi.



Sl. 4.5. Primjer posebne podvrste težinskog grafa (oznake grana su vizualizirane: a) bojom grane; b) brojevnim oznakom)

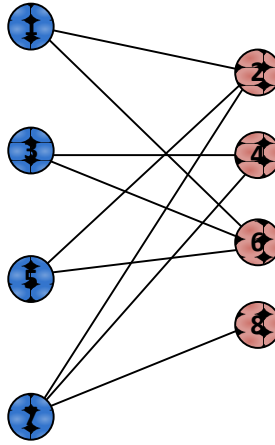
Bitno je za napomenuti da i težinske grafove možemo podijeliti na dvije podvrste: *usmjerene težinske grafove* i *neusmjerene težinske grafove*. Sve što je izloženo u ovom poglavlju odnosi se na neusmjerene težinske grafove (pojam „težinski graf“ podrazumijeva „neusmjereni težinski graf“), dok bi se usmjereni težinski grafovi razlikovali na isti način kako je to opisano u poglavlju 4.1.2 gdje su navedene razlike između usmjerenih i neusmjerenih grafova.

#### 4.1.4 Ostale vrste grafova

Uz opisane vrste grafova postoje i brojne druge vrste grafova kojima se mogu modelirati društvene mreže. U nastavku će ukratko biti opisane samo najčešće korištene.

Prva vrsta grafova koja će biti ukratko opisana u ovom poglavlju su *bipartitni grafovi* (engl. *bipartite graphs*). Ova vrsta grafova predstavlja podvrstu neusmjerenih grafova u kojoj se skup čvorova  $\mathcal{V}$  dijeli na dva disjunktna skupa  $\mathcal{V}_X$  i  $\mathcal{V}_Y$  (dakle vrijedi  $\mathcal{V}_X + \mathcal{V}_Y = \mathcal{V}$  te  $\mathcal{V}_X \cap \mathcal{V}_Y = \emptyset$ ) te svaka grana iz skupa  $\mathcal{E}$  povezuje jedan čvor iz skupa  $\mathcal{V}_X$  s jednim čvorom iz skupa  $\mathcal{V}_Y$ . Pomoću ovakvog grafa moguće je modelirati društvene mreže s dva različita skupa entiteta [220]. Bipartitni graf ima mnogo različitih primjera korištenja u domeni društvenih mreža [221][222][223], a vjerojatno najpoznatiji je po modeliranju društvene mreže koja opisuje

prisustvovanje pojedinih ljudi u nadzornim odborima određenih kompanija [224]. Entiteti koji u ovom slučaju čine društvenu mrežu su pojedinci i kompanije (dakle, govorimo o dva različita skupa entiteta u istoj društvenoj mreži), dok njihova međusobna veza označava da je neki pojedinac član nadzornog odbora određene kompanije. Primjer izgleda bipartitnog grafa dijagramski prikazuje Sl. 4.6. U primjeru su različite vrste čvorova (entiteta u društvenoj mreži) označene različitim bojama.



Sl. 4.6. Primjer bipartitnog grafa

Za graf sa Sl. 4.6 vrijedi:

$$\mathcal{V}_X = \{v_1, v_3, v_5, v_7\}, |\mathcal{V}_X| = 4, \quad (4.12)$$

zatim

$$\mathcal{V}_Y = \{v_2, v_4, v_6, v_8\}, |\mathcal{V}_Y| = 4, \quad (4.13)$$

te

$$\mathcal{E} = \{e_{v_1v_2}, e_{v_1v_6}, e_{v_3v_4}, e_{v_3v_6}, e_{v_5v_2}, e_{v_5v_6}, e_{v_7v_2}, e_{v_7v_4}, e_{v_7v_8}\}, |\mathcal{E}| = 9. \quad (4.14)$$

Ukoliko pretpostavimo da graf na Sl. 4.6 modelira društvenu mrežu koja opisuje prisustvovanje pojedinih ljudi (opisanih skupom  $\mathcal{V}_X$ ) u nadzornim odborima određenih kompanija (opisanih skupom  $\mathcal{V}_Y$ ), tada se može primijetiti da, npr., osoba  $v_1$  sjedi u dva različita nadzorna odbora – onom kompanije  $v_2$  i onom kompanije  $v_6$ . S druge strane, može se primjetiti da u nadzornom odboru kompanije  $v_8$ , od osoba iz skupa  $\mathcal{V}_X$ , sjedi samo osoba  $v_7$ .

Ostale dvije vrste grafova koje se nešto rjeđe koriste za vizualizaciju i formalni zapis društvenih mreža su *multigrafovi* (engl. *multigraphs*) [225] i *hipergrafovi* (engl. *hypergraphs*) [217][226][227]. Za razliku od grafova koji su prethodno opisani i koji sadrže samo jednu vezu između svakog para entiteta (čvorova), multigrafovi dozvoljavaju postojanje višestrukih veza između istog para čvorova. Samim time multigrafovi omogućuju modeliranje društvenih mreža u kojima između svakog para entiteta postoji više različitih odnosa. Primjer ovakvog grafa može biti društvena mreža kojom se žele istovremeno prikazati informacije o tome koji su entiteti međusobno u prijateljskom odnosu, a koji u profesionalnom. Hipergraf, s druge strane, omogućuje povezivanje više od dva entiteta korištenjem samo jedne veze. Usmjereni i neusmjereni grafovi predstavljaju, dakle, podskup hipergrafova u kojem svaka veza povezuje točno dva čvora.

#### 4.1.5 Matrični opis društvenih mreža

Grafovi su se pokazali iznimno korisnima za modeliranje i analizu društvenih mreža. Ipak, zapis grafova pomoću dijagrama (Sl. 4.2 do Sl. 4.6) ima svoje nedostatke. Naime, dijagramski temeljen zapis društvene mreže s velikim brojem entiteta (ili velikim brojem veza između entiteta) može značajno usporiti analizu te onemogućiti otkrivanje željenih obrazaca karakterističnih za društvenu mrežu. Međutim, zapis grafa u obliku matrice je pogodan za izvođenje računalnih operacija nad takvim formalnim zapisom društvene mreže, što je vrlo korisno u procesu njezine analize.

Matrica je pravokutna tablica brojeva, u kojoj se horizontalne linije zovu *retcima*, a vertikalne *stupcima* (za matricu sa  $m$  redaka i  $n$  stupaca se kaže da je formata  $m \times n$ ). Član matrice  $\mathcal{M}$  koji se nalazi u  $a$ -tom retku i  $b$ -tom stupcu se naziva  $(a, b)$ -ti član matrice  $\mathcal{M}$ , te se označava kao  $m_{ab}$ . Grafovi se mogu se zapisati korištenjem dvije vrste matrica: *matricom susjedstva* te *matricom incidencije*. Obje matrice sadržavaju potpune informacije o grafu prema kojem su stvorene te samim time i o društvenoj mreži na koju se odnose. Moguće je odabrati najprihvatljiviji oblik formalizacije i vizualizacije društvene mreže (graf zapisan dijagramom ili nekom vrstom matrice) za željenu primjenu, bez gubitka mogućnosti jednostavne transformacije u bilo koji drugi oblik.

##### 4.1.5.1 Matrica susjedstva za neusmjerene grafove

Matrica susjedstva (engl. *adjacency matrix*) ili sociomatrica (engl. *sociomatrix*) predstavlja osnovnu matricu korištenu u domeni društvenih mreža. Graf  $\mathcal{G}$  zapisan u formi matrice susjedstva označava se  $[\mathcal{G}]$ . Sami retci i stupci matrice predstavljaju entitete društvene mreže, odnosno skup čvorova grafa  $\mathcal{V}$ , dok svaki unos u pojedinom retku i stupcu označava jesu li entiteti (čvorovi) koje predstavljaju odgovarajući redak i stupac susjedni ili nisu (dva čvora  $v_a$  i



$v_b$  su susjedna ukoliko u grafu postoji grana  $e_{v_a v_b}$  koja ih povezuje). Matrica susjedstva ima onoliko redaka i stupaca koliko graf ima čvorova (odnosno, kada se graf  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$  želi zapisati matricom susjedstva, ona je uvijek kvadratična (ima isti broj redaka i stupaca:  $|\mathcal{V}|$ ). Potrebno je naglasiti kako retci i stupci matrice označavaju entitete društvene mreže, odnosno čvorove grafa, jednakim redoslijedom. U matrici susjedstva na poziciji  $[g]_{ij}$  nalazi se vrijednost 1 ukoliko su čvorovi  $v_a$  i  $v_b$  susjedni, odnosno ukoliko postoji grana koja ih povezuje, dok se u protivnom na tom mjestu nalazi vrijednost 0. Kod neusmjerenih grafova oznaka 1 se nalazi u  $a$ -tom retku i  $b$ -tom stupcu te u  $b$ -tom retku i  $a$ -tom stupcu, ukoliko postoji veza između para čvorova  $v_a$  i  $v_b$  (zbog simetričnosti opisane s Izrazom (4.4)). Zbog ovog svojstva, matrice susjedstva za sve društvene mreže opisane neusmjerenim grafovima su simetrične, dok se na njihovoj dijagonali nalaze vrijednosti 0 (budući da u društvenim mrežama povezivanje entiteta sa samim sobom nema smisla i kao takvo nije dozvoljeno). Takve matrice su, dakle, simetrične binarne matrice jer sadržavaju samo vrijednosti 0 ili 1, odnosno podatke o tome postoji li grana između nekog para čvorova ili ne. Izgled matrice susjedstva za graf sa Sl. 4.2 je sljedeći:

$$[G] = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \mathbf{0} & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \mathbf{0} & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \mathbf{0} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & \mathbf{0} & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & \mathbf{0} & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \mathbf{0} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Budući da za graf sa Sl. 4.2 vrijedi  $|\mathcal{V}| = 8$  (Izraz (4.6)), tada je matrica  $[G]$  formata  $8 \times 8$ . Nadalje, budući da u navedenom grafu postoji, primjerice, grana  $e_{v_1 v_2}$ , tada je  $[g]_{1,2} = [g]_{2,1} = 1$ , dok je nepostojanje grane  $e_{v_1 v_3}$  uzrok činjenice da je  $[g]_{1,3} = [g]_{3,1} = 0$ .

#### 4.1.5.2 Matrica incidencije za neusmjerene grafove

Druga vrsta matrica kojom se mogu zapisivati grafovi je matrica incidencije (engl. *incidence matrix*). Graf  $\mathcal{G}$  zapisan u formi matrice incidencije označava se  $[G]^I$ . Matrica  $[G]^I$  označava koji čvorovi su incidentni<sup>65</sup> kojim granama u grafu  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ . Retci matrice incidencije predstavljaju čvorove grafa  $\mathcal{V}$  dok stupci predstavljaju pojedine grane u grafu  $\mathcal{E}$  (dakle, format matrice incidencije je  $|\mathcal{V}| \times |\mathcal{E}|$ ). I ova matrica je, kao i matrica susjedstva, binarna jer vrijedi:

<sup>65</sup> Kada neka grana povezuje dva čvora u grafu, tada se ta dva čvora nazivaju *incidentnima* toj grani, odnosno kaže se da je grana *incidentna* tim dvama čvorovima. To znači da su, primjerice, čvorovi  $v_a \in \mathcal{V}$  i  $v_b \in \mathcal{V}$  incidentni s granom  $e_{v_a v_b} \in \mathcal{E}$  budući da ta ista grana povezuje čvorove  $v_a$  i  $v_b$ .

$$(v_a, e_{v_a v_b}) = \begin{cases} 1, & \text{ako je čvor } v_a \text{ incidentan s granom } e_{v_a v_b} \\ 0, & \text{ako čvor } v_a \text{ nije incidentan s granom } e_{v_a v_b} \end{cases}, \forall (v_a \in \mathcal{V}, e_{v_a v_b} \in \mathcal{E}). \quad (4.16)$$

Izgled matrice incidencije za graf sa Sl. 4.2 je sljedeći:

$$[\mathcal{G}]^I = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

Ovdje je bitno napomenuti da je skup grana  $\mathcal{E}$  za graf sa Sl. 4.2 definiran s Izrazom (4.7) te je redosljed stupaca u matrici  $[\mathcal{G}]^I$  sinkroniziran s redoslijedom navedenim u Izrazu (4.7). Također, budući da vrijedi  $|\mathcal{V}| = 8$  (Izraz (4.6)) i  $|\mathcal{E}| = 12$  (Izraz (4.7)), tada je matrica  $[\mathcal{G}]^I$  formata  $8 \times 12$ . Nadalje, budući da u navedenom grafu postoji, primjerice, grana  $e_{v_1 v_2}$  (koja je predstavljena prvim stupcem matrice u Izrazu (4.17)), tada su  $[\mathcal{G}]^I_{1,1} = [\mathcal{G}]^I_{2,1} = 1$  (budući da su čvorovi  $v_1$  i  $v_2$  incidentni grani  $e_{v_1 v_2}$ ), ali je  $[\mathcal{G}]^I_{3,1} = [\mathcal{G}]^I_{4,1} = [\mathcal{G}]^I_{5,1} = [\mathcal{G}]^I_{6,1} = [\mathcal{G}]^I_{7,1} = [\mathcal{G}]^I_{8,1} = 0$  (budući da čvorovi  $v_3, v_4, v_5, v_6, v_7$  i  $v_8$  nisu incidentni grani  $e_{v_1 v_2}$ ).

#### 4.1.5.3 Primjena matrica kod ostalih vrsta grafova

Matrica susjedstva i matrica incidencije se mogu koristiti i za zapis ostalih vrsta grafova. Tako, primjerice, ukoliko se matrica susjedstva primjenjuje na usmjerene grafove, tada ona neće nužno biti simetrična jer ne postoji nužno simetričnost veza, odnosno Izraz (4.4) može, ali ne mora vrijediti. Nadalje, težinski grafovi se također mogu prikazati pomoću matrice susjedstva te se umjesto oznake prisustva veze između parova čvorova (vrijednost 1 u matrici) u matricu unosi vrijednost koja odgovara težini pripadne veze, ukoliko veza postoji (inače se unosi vrijednost 0). Analogija vrijedi i za matrice incidencije. Međutim, u slučaju prikazivanja hipergrafa pomoću matrica, značajne promjene se događaju u matrici incidencije jer je u hipergrafu moguće da jedna veza povezuje više od dva čvora te će samim time u svakom stupcu matrice incidencije moći biti više od dvije oznake 1.

## 4.2 Mehanizmi za stvaranje implicitne društvene mreže

Među mehanizmima koje posjeduje poslovni agent (Izraz (2.4)), tri je potrebno implementirati kako bi se omogućio proces stvaranja implicitne društvene mreže korisnika usluga. To su (Sl. 4.1):

- mehanizam za izdvajanje korisničkih profila (*ikp*);
- mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila (*usp*);
- mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga (*idm*).

#### 4.2.1 Mehanizam za izdvajanje korisničkih profila

Mehanizam za izdvajanje korisničkih profila *ikp* definiran je s Izrazima (2.5) i (2.6) kao funkcija koja za argumente uzima uvjet izdvajanja  $u_{izd}$  te profile  $\mathcal{P}_t$  svih korisnika s kojima je davatelj usluga  $t$  u poslovnom odnosu (danas je realnost da se taj broj mjeri u milijunima) i kao rezultat vraća skup onih korisničkih profila  $\mathcal{P}_{u_{izd}}$  koji zadovoljavaju zadani uvjet i koji će sudjelovati u izgradnji društvene mreže.

Uvjet izdvajanja  $u_{izd}$  se sastoji od najmanje jednog atributa korisničkog profila  $p_{k_i}$ , a služi da se prije izgradnje društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga izdvoje oni koji imaju neko zajedničko obilježje, ovisno o predviđenoj upotrebi kasnije izgrađene društvene mreže. Tako se, primjerice, mogu izdvojiti svi korisnici koji trenutno koriste *pokretni telefon*, a preferirani jezik dostave sadržaja im je *engleski*:

$$u_{izd} = (\text{UserDeviceProfile}==\text{MobilePhoneProfile} \wedge \text{hasPreferredLanguage}==\text{English}). \quad (4.18)$$

Može se primijetiti da korisnički profil prikazan na Sl. 3.14 i s Isp. 3.5 zadovoljava uvjet izdvajanja definiran s Izrazom (4.18).

Budući da se implementacija mehanizma za izdvajanje korisničkih profila temelji na sintaksoj usporedbi svih profila iz skupa  $\mathcal{P}_t$  s uvjetom izdvajanja  $u_{izd}$  (što se, zapravo, svodi na parsiranje relativno malih XML-datoteka), to znači da je njegova vremenska složenost linearna ( $O(n)$ ). Zbog te činjenice mehanizam za izdvajanje korisničkih profila nije računalno zahtjevan i kao takav nije vremenski kritična faza u procesu stvaranja društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga.

#### 4.2.2 Mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila

Za razliku od implementacije mehanizma za izdvajanje korisničkih profila koji se temelji na sintaksoj usporedbi, mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila (*usp*) se temelji na semantičkoj usporedbi. Stoga će najprije biti dan kratak pregled povezanih istraživanja u tom području.

#### 4.2.2.1 Povezana istraživanja u području semantičke usporedbe

U zadnjih desetak godina rađena su mnoga istraživanja u području semantičkog uspoređivanja (engl. *semantic matchmaking*). Ona se razlikuju prema korištenim tehnologijama semantičkog weba, načelima usporedbe, vrstama i preciznosti izlaznih metrika te namjenama samog procesa uspoređivanja. Općenitija istraživanja temeljena su na opisnoj logici [228][229][230][187][231][232], a jedan od zanimljivijih pristupa je i onaj temeljen na neizrastoj logici (engl. *fuzzy logic*) [233]. Zatim, postoje istraživanja koja su promatrala specifične semantičke tehnologije kao što su, primjerice, RDF [234] i SWRL<sup>66</sup> (*Semantic Web Rule Language*) [235]. Ako promatramo različita načela uspoređivanja, tada možemo izdvojiti ona temeljena na usporedbi ontologija [236], zatim maksimiziranju očekivanja koje proizlazi iz grafa ontologije [237], pa poravnavanju taksonomija [238], zatim usporedbi ponašanja [239] ili su pak korišteni različiti hibridni pristupi [240][241]. Mnoga istraživanja u području semantičkog uspoređivanja smještena su u domenu usluga weba (engl. *web services*), a motivacija za takva istraživanja krije se u traženju rješenja za automatizaciju procesa pronalaska (engl. *discovery*) najbližije web usluge traženoj među onima koje su oglašene u repozitoriju usluga. Najpoznatija rješenja u domeni usluga weba temeljena su na jezicima DAML-S<sup>67</sup> (*DARPA Agent Markup Language for Services*) [242][243][244][245][165] i OWL-S<sup>68</sup> (*Ontology Web Language for Services*) [246][247][248][249][250][251][252] te konceptualnom modelu WSMO<sup>69</sup> (*Web Service Modeling Ontology*) [253]. Kvaliteta konačnog rezultata usporedbe u pravilu raste s detaljnijom ontologijom i bogatijim semantičkim opisom promatrane domene, a raspon izlaznih metrika varira od nekoliko diskretnih razina sličnosti (npr. šest razina<sup>70</sup> kod alata OWLS-MX [254][255]) do kontinuirane brojevnne skale (npr. realni broj iz raspona [0, 1] kod sustava opisanog u [238]).

#### 4.2.2.2 Algoritam za semantičku usporedbu profila korisnika telekomunikacijskih usluga

Tehnologije semantičkog weba omogućuju uspoređivanje korisničkih profila prema onome što oni zaista *znače*, a ne prema tome kako su *zapisani*. Mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila (*usp*) mora biti sposoban izraziti sličnost između dva profila ( $\mathcal{P}_{\mathcal{R}_i}$  i  $\mathcal{P}_{\mathcal{R}_j}$ ) realnim brojem, a ne binarnom vrijednosti koja govori samo poklapaju li se korisnički profili ili

<sup>66</sup> <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>

<sup>67</sup> <http://www.daml.org/services/>

<sup>68</sup> <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>

<sup>69</sup> <http://www.wsmo.org/>

<sup>70</sup> Dostupne razine sličnosti kod alata OWLS-MX su: *EXACT match* za savršeno podudaranje, zatim četiri razine djelomičnog podudaranja (*PLUG-IN match*, *SUBSUMES match*, *SUBSUMES-BY match*, *NEAREST-NEIGHBOUR match*) te na kraju razina potpunog nepodudaranja (*FAIL*).

ne. Zato je on formalno definiran s Izrazom (2.7) kao funkcija koja za argumente uzima dva korisnička profila i kao rezultat vraća realan broj iz raspona  $[0, 1]$ , gdje veća vrijednost označava veću sličnost među uspoređivanim korisničkim profilima. Tako usporedba  $usp(p_{k_i}, p_{k_j}) = 0$  označava da su korisnički profili  $p_{k_i}$  i  $p_{k_j}$  u potpunosti različiti, dok usporedba  $usp(p_{k_i}, p_{k_j}) = 1$  označava da su korisnički profili  $p_{k_i}$  i  $p_{k_j}$  identični. Također, bitno je za naglasiti da je funkcija  $usp$  simetrična, odnosno da vrijedi Izraz (2.8).

Semantičko rasuđivanje (engl. *semantic reasoning*) potrebno za usporedbu korisničkih profila temelji se na postojanju dvije vrste informacija [159]:

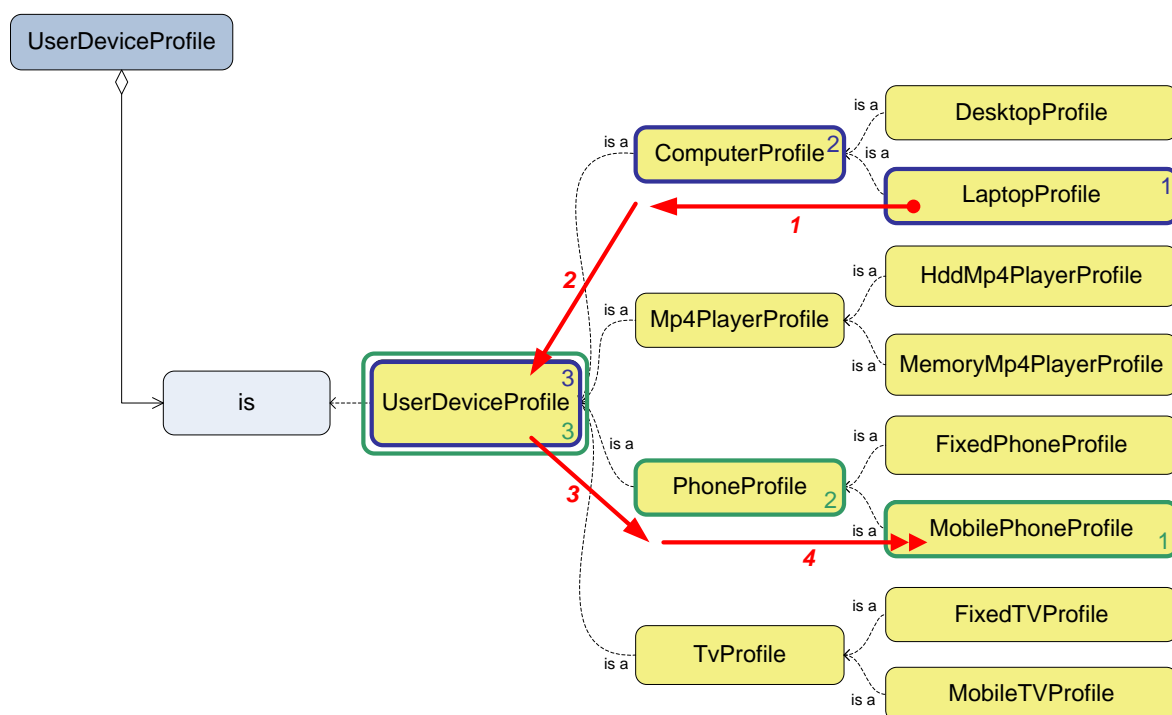
1. OWL-ontologiji (Sl. 3.9 do Sl. 3.13) koja opisuje vrste korisničkih uređaja ( $d_{k_i}$ ), sklopovlje ( $h_{k_i}$ ) i programsku podršku na korisničkom uređaju ( $s_{k_i}$ ), korisnikove interese i preferencije ( $i_{k_i}$ ) te korisničke kontekstne informacije ( $c_{k_i}$ ). Sve ovo nabrojano nazivamo još i *Tbox informacije*;
2. Korisničkim profilima (Sl. 3.14 i Isp. 3.5) koji se temelje na OWL-ontologiji te su izvedeni kao instance te ontologije (tzv. *Abox informacije*). Instance ontologije su opisane položajem u hijerarhiji klasa ontologije, kao i atributima (Tab. 3.1 do Tab. 3.4) koji mogu kao vrijednost poprimiti primitivne tipove podataka ili pak pokazivati na instance ontologije. S preciznijim pozicioniranjem u ontologiji i većim brojem atributa raste i preciznost algoritma uspoređivanja.

Iz navedenoga slijedi da algoritam semantičkog uspoređivanja mora dodijeliti brojčanu vrijednost prilikom usporedbe sljedećih elemenata profila:

- *Relativni položaj samih profila u ontologiji* – „Udaljenost“ klasa kojima pripadaju uspoređivani profili u ontologiji ukazuje na njihovu semantičku sličnost. Manja udaljenost klasa u hijerarhiji treba rezultirati većom ocjenom semantičkog podudaranja. Pažljivim dizajnom ontologije koji precizno reflektira odnose u stvarnom svijetu moguće je postići da bitan dio semantičkog opisa profila bude sadržan u samom instanciranju profila iz odgovarajuće klase koja opisuje vrstu korisničkog uređaja ( $d_{k_i}$ );
- *Atributi koji kao vrijednost imaju primitivne tipove podataka* – Svaki atribut profila se uspoređuje nezavisno od ostalih. Za attribute koji su opisani primitivnim tipovima podataka potrebno je posebno definirati kako uspoređivati svaki tip podataka;
- *Atributi koji kao vrijednost imaju instancu klase iz ontologije* – Ovdje se primjenjuje pristup analogan onome kao kod uspoređivanja relativnog položaja samih profila u ontologiji.

#### 4.2.2.2.1 Usporedba položaja samih profila u ontologiji te atributa kojima je kodomena definirana ontologijom

Temeljno načelo koje se koristi za usporedbu relativnog položaja samih profila u ontologiji, odnosno atributa kojima je kodomena definirana ontologijom, je to da bliskost klasa u ontologiji ukazuje na razinu njihovu semantičke sličnosti – broj „skokova“ između klasa u ontologiji određuje ocjenu sličnosti, pri čemu manja udaljenost rezultira većom konačnom ocjenom.



Sl. 4.7. Izračun sličnosti na temelju položaja u ontologiji

Sl. 4.7 ilustrira načelo transformacije relativnog odnosa položaja uspoređivanog para klasa u ontologiji u realan broj iz raspona  $[0, 1]$  koji označava semantičku sličnost između te dvije klase, odnosno između njihovih instanca. Može se primijetiti da su klasa `MobilePhoneProfile` i klasa `LaptopProfile` međusobno udaljene četiri koraka u ontologiji. Njihova sličnost se računa prema izrazu:

$$classSimilarity(class_i, class_j) = \frac{1}{1 + \frac{classDistance(class_i, class_j)}{distanceAntiWeight}} \quad (4.19)$$

Bitan parametar u Izrazu (4.19) je  $distanceAntiWeight \in \mathbb{Z}^+$ , čija je uloga da spriječi prebrzi pad sličnosti kako udaljenost među klasama raste. Povećanjem vrijednosti ovoga parametra udaljenost među klasama ima sve manju težinu u izračunu sličnosti (otuda i naziv parametra „*antiweight*“)<sup>71</sup>. Primijenivši Izraz (4.19) na opisani primjer klasa `MobilePhoneProfile` i `LaptopProfile` dobivamo da je njihova sličnost jednaka:

$$classSimilarity(MobilePhoneProfile, LaptopProfile) = \frac{1}{1 + \frac{4}{2}} \approx 0.333. \quad (4.20)$$

Međutim, na poteškoće se nailazi prilikom implementacije algoritma za računanje sličnosti klasa prema Izrazu (4.19). Preciznije, problem predstavlja kako izbrojati broj „skokova“ između uspoređivanih klasa u ontologiji ( $classDistance(class_i, class_j)$ ). Ipak, za otkrivanje udaljenosti između klasa iskorištena je činjenica da su uspoređivane klase zapisane jezikom OWL te da se semantički upiti ostvaruju jezikom SeRQL – ova kombinacija omogućuje semantičke upite koji kao rezultat ne vraćaju samo direktnu klasu kojoj  $instance_i$  pripada (dakle,  $class_i$ ), nego i sve klase u hijerarhiji od kojih je  $class_i$  podklasa<sup>72</sup>. Skup klasa kojima pripada promatrana  $instance_i$ , a kojeg označavamo  $\mathfrak{C}_i$ , se stoga može zapisati kao:

$$\mathfrak{C}_i = \left\{ \begin{array}{l} (class_i, class_1, \dots, class_k) | \\ subClassOf(class_i, class_1), \dots, subClassOf(class_{k-1}, class_k) \end{array} \right\}. \quad (4.21)$$

Nadalje, broj „skokova“ između uspoređivanih klasa u ontologiji ( $classDistance(class_i, class_j)$ ) može se tumačiti i kao broj klasa kojima pripada isključivo  $instance_i$  ili  $instance_j$ . Računanje broja „skokova“ se stoga svodi na traženje skupova  $\mathfrak{C}_i$  i  $\mathfrak{C}_j$ , nakon čega se broj „skokova“ između uspoređivanih klasa u ontologiji dobiva zbrajanjem ukupnog broja klasa kojima hijerarhijski pripadaju instance uspoređivanih klasa (3 klase za instancu klase `MobilePhoneProfile` te 3 klase za instancu klase `LaptopProfile`) te oduzimanjem broja zajedničkih klasa pomnoženih s vrijednošću 2 (broj zajedničkih klasa jednak je 1 za par instanci klasa `MobilePhoneProfile` i `LaptopProfile`). Sukladno navedenom, općeniti izraz za računanje broja „skokova“ između uspoređivanih klasa u ontologiji ( $classDistance(class_i, class_j)$ ) dan je Izrazom (4.22), a koraci algoritma za izračun sličnosti između klasa u ontologiji, zapisani pseudokodom, prikazani su s Isp. 4.1:

<sup>71</sup> U sklopu disertacije korištena je vrijednost parametra  $distanceAntiWeight = 2$ , koja je određena na temelju subjektivne procjene rezultata eksperimenata s različitim vrijednostima parametra  $distanceAntiWeight$ .

<sup>72</sup> Jezik SeRQL sadrži koristan konstrukt `serql:directType` koji povezuje instancu s klasom iz koje je izravno instancirana. Analogno tome, postoji i `serql:directSubClassOf` konstrukt koji povezuje klasu s njezinom izravnom nadklasom.

$$\text{classDistance}(\text{class}_i, \text{class}_j) = |\mathcal{C}_i| + |\mathcal{C}_j| - 2 \times |\mathcal{C}_i \cap \mathcal{C}_j|. \quad (4.22)$$

Specifični izračun broja „skokova“ između uspoređivanih klasa `MobilePhoneProfile` i `LaptopProfile` je sljedeći (Sl. 4.7):

$$\text{classDistance}(\text{MobilePhoneProfile}, \text{LaptopProfile}) = 3 + 3 - 2 \times 1 = 4. \quad (4.23)$$

<p><b>Ulaz:</b> <math>\text{class}_i, \text{class}_j \in \text{Class}, \text{distanceAntiWeight} \in \mathbb{Z}^+</math></p> <p><b>Izlaz:</b> <math>\text{classSimilarity} \in [0, 1]</math></p>
<p><b>Function</b> <i>calculateClassSimilarity</i> (<math>\text{class}_i, \text{class}_j, \text{distanceAntiWeight}</math>)</p> <p><b>DO</b></p> <p><b>Query</b> <math>\text{findSuperClasses}_i = \text{SELECT } ?x \text{ WHERE } (\text{class}_i, &lt;\text{rdf:type}&gt;, ?x);</math></p> <p><b>Query</b> <math>\text{findSuperClasses}_j = \text{SELECT } ?x \text{ WHERE } (\text{class}_j, &lt;\text{rdf:type}&gt;, ?x);</math></p> <p><b>List</b> <math>\text{superClasses}_i = \text{performQuery}(\text{findSuperClasses}_i);</math></p> <p><b>List</b> <math>\text{superClasses}_j = \text{performQuery}(\text{findSuperClasses}_j);</math></p> <p><b>Integer</b> <math>\text{identicalSuperClasses} = \text{findIdenticalClasses}(\text{superClasses}_i, \text{superClasses}_j);</math></p> <p><b>Integer</b> <math>\text{classDistance} = \text{size}(\text{superClasses}_i) + \text{size}(\text{superClasses}_j) - 2 * \text{identicalSuperClasses};</math></p> <p><b>Float</b> <math>\text{classSimilarity} = 1 / (1 + \text{classDistance} / \text{distanceAntiWeight});</math></p> <p><b>RETURN</b> <math>\text{classSimilarity};</math></p>

#### Isp. 4.1. Pseudokod za izračun sličnosti na temelju relativnog položaja u ontologiji

##### 4.2.2.2.2 Usporedba atributa kojima je kodomena definirana primitivnim tipovima podataka

Na temelju popisa svih atributa danog u Tab. 3.1 do Tab. 3.4 može se primijetiti da atributi u korisničkom profilu mogu poprimiti jedan od sljedeća tri primitivna tipa podataka:

- znakovni niz (*string*);
- cijeli broj (*integer*);
- realan broj (*float*).

Usporedba dvije vrijednosti ovakvog atributa treba rezultirati realnim brojem iz raspona  $[0, 1]$  koji predstavlja sličnost uspoređivanog para vrijednosti. Što je rezultat usporedbe veći (odnosno, bliži 1), to je sličnost uspoređivanog para vrijednosti veća. Budući da se atribut primitivnog tipa *string* koristi jedino za opisivanje IMEI-broja korisnikovog uređaja<sup>73</sup>, tada je jedini logični rezultat ovakve usporedbe element iz skupa  $\{false, true\}$ , odnosno preslikano u

<sup>73</sup> IMEI-broj je jedinstveni identifikacijski broj pokretnog telefona kojega zbog broja znamenki nije moguće prikazati primitivnim tipom *integer* ili *float*. Iz ispisa profila navedenih u Dodatku može se primjetiti da, primjerice, osobna računala uopće nemaju definiran IMEI-broj u profilu.



zadani raspon realnih brojeva – element iz skupa  $\{0, 1\}$ , respektivno. Za razliku od atributa koji su određeni vrijednošću tipa *string*, oni atributi koji su određeni vrijednošću tipa *integer* ili *float*, dakle cijeli ili realni brojevi, se uspoređuju tako da se manja vrijednost u paru uspoređivanih vrijednosti podijeli s većom vrijednosti. Koraci algoritma za izračun sličnosti između atributa kojima je kodomena definirana primitivnim tipovima podataka, zapisani pseudokodom, su prikazani s Isp. 4.2.

<p><b>Ulaz:</b> <math>attributeValue_{p_{k_i}}, attributeValue_{p_{k_j}} \in attributeType</math></p> <p><b>Izlaz:</b> <math>primitiveSimilarity \in [0, 1]</math></p>
<p><b>Function</b> <i>calculatePrimitiveSimilarity</i>(<math>attributeValue_{p_{k_i}}, attributeValue_{p_{k_j}}, attributeType</math>)</p> <p><b>DO</b></p> <p>    <b>Float</b> <math>primitiveSimilarity = 0;</math></p> <p>    <b>IF</b>(<math>attributeType == string</math>)</p> <p>        <math>primitiveSimilarity = (attributeValue_{p_{k_i}} == attributeValue_{p_{k_j}});</math></p> <p>    <b>ELSE IF</b>(<math>attributeType == (integer \text{ OR } float)</math>)</p> <p>        <b>IF</b>(<math>attributeValue_{p_{k_i}} &gt; attributeValue_{p_{k_j}}</math>)</p> <p>            <math>primitiveSimilarity = attributeValue_{p_{k_j}} / attributeValue_{p_{k_i}};</math></p> <p>        <b>ELSE</b> <math>primitiveSimilarity = attributeValue_{p_{k_i}} / attributeValue_{p_{k_j}};</math></p> <p><b>RETURN</b> <math>primitiveSimilarity;</math></p>

#### Isp. 4.2. Pseudokod za izračun sličnosti atributa kojima je kodomena definirana primitivnim tipovima podataka

##### 4.2.2.2.3 Usporedba profila

Do sada je objašnjeno načelo usporedbe pojedinih dijelova profila, a ovdje će biti prezentirano kako individualne ocjene sličnosti relativnog položaja uspoređivanih profila u ontologiji (*profileClassSimilarity*) te pripadajućih atributa (*attributeSimilarity*) čine cjelovitu ocjenu sličnosti para korisničkih profila (*finalSimilarity*). Pseudokod algoritma dan je u Isp. 4.3., iz kojeg se može vidjeti da algoritam kao ulaz prima tri podatka:

1. Korisničke profile koji se uspoređuju ( $p_{k_i}$  i  $p_{k_j}$ );
2. Težinu sličnosti relativnog položaja uspoređivanih profila u ontologiji prilikom izračuna konačne ocjene ( $profileClassWeight \in [0, 1]$ , gdje  $profileClassWeight = 0$  označava isključivanje sličnosti relativnog položaja uspoređivanih profila u ontologiji iz konačne ocjene, a  $profileClassWeight = 1$  označava da je konačna ocjena jednaka sličnosti relativnog položaja uspoređivanih profila u ontologiji). Pritom je težina kumulativne

ponderirane sličnosti<sup>74</sup> svih atributa ( $allAttributesSimilarity/weightSum$ ) u konačnoj ocjeni jednaka  $1 - profileClassWeight$ ;

- Težinu svakog pojedinog atributa prilikom računanja kumulativne ponderirane sličnosti svih atributa ( $attributeWeights \in List[float]$ ). Ovim parametrom se, zapravo, mogu u potpunosti iz usporedbe isključiti atributi koji nisu relevantni za određenu usporedbu, pridajući takvima težinu 0.

Rezultat algoritma je semantička sličnost uspoređivanog para korisničkih profila ( $p_{k_i}$  i  $p_{k_j}$ ) u obliku realnog broja iz raspona  $[0, 1]$ , gdje veći broj označava veću sličnost među uspoređivanim profilima. Nadalje, iz Isp. 4.3 može se vidjeti da se algoritmom najprije računa sličnost položaja uspoređivanih profila u ontologiji:

$$profileClassSimilarity = calculateClassSimilarity(class_{p_{k_i}}, class_{p_{k_j}}), \quad (4.24)$$

koristeći algoritam definiran pseudokodom u Isp. 4.1. Nakon toga, računa se sličnost za svaki atribut u profilu ( $attributeSimilarity$ ) (popis atributa dan je u Tab. 3.1 do Tab. 3.4), koristeći algoritam definiran pseudokodom u Isp. 4.1 ako je kodomena atributa definirana ontologijom:

$$attributeSimilarity = calculateClassSimilarity(attributeClass_{p_{k_i}}, attributeClass_{p_{k_j}}), \quad (4.25)$$

odnosno, algoritam definiran pseudokodom u Isp. 4.2 ako je kodomena atributa definirana primitivnim tipom podataka:

$$attributeSimilarity = calculatePrimitiveSimilarity(attributeValue_{p_{k_i}}, attributeValue_{p_{k_j}}, attributeType). \quad (4.26)$$

Prilikom računanja kumulativne ponderirane sličnosti svih atributa uzima se u obzir njihova pojedinačna težina:

$$\begin{aligned} allAttributesSimilarity &+= attributeSimilarity \times attributeWeight; \\ weightSum &+= attributeWeight. \end{aligned} \quad (4.27)$$

Nakon što su izračunate i sličnost položaja uspoređivanih profila u ontologiji ( $profileClassSimilarity$ ) i kumulativna ponderirana sličnost svih atributa ( $allAttributesSimilarity/weightSum$ ), iz njihovih pojedinačnih ocjena se izračunava ukupna ocjena sličnosti promatranih profila ( $finalSimilarity$ ), uzimajući sada u obzir težinu sličnosti relativnog položaja uspoređivanih profila u ontologiji u ukupnoj ocjeni ( $profileClassWeight$ ).

<sup>74</sup> Objašnjenje pojma *kumulativna ponderirana sličnost* svih atributa – *kumulativna* zbog toga jer se u obzir uzimaju sličnosti svih atributa u profilu; *ponderirana* zbog toga jer se u obzir uzimaju individualne težine svakog pojedinog atributa.

**Ulaz:**  $\mathcal{P}_{k_i}, \mathcal{P}_{k_j} \in \mathcal{P}$ ,  $profileClassWeight \in [0, 1]$ ,  $attributeWeights \in List[float]$

**Izlaz:**  $usp(\mathcal{P}_{k_i}, \mathcal{P}_{k_j}) = finalSimilarity \in [0, 1]$

**Function** *calculateProfileSimilarity* ( $\mathcal{P}_{k_i}, \mathcal{P}_{k_j}$ , *classWeight*, *attributeWeights*)

**DO**

**Query** *findAttributes <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>*  = SELECT ?x WHERE ( $\mathcal{P}_{k_i}$  <is>, ?x);

**Query** *findAttributes <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>*  = SELECT ?x WHERE ( $\mathcal{P}_{k_j}$  <is>, ?x);

**List** *attributes <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>*  = performQuery(*findAttributes <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* );

**List** *attributes <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>*  = performQuery(*findAttributes <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* );

**Float** *allAttributesSimilarity* = 0;

**Float** *weightSum* = 0;

**Class** *class <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>*  =  $\mathcal{P}_{k_i}$ .attributeValue(*attributes <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* .next());

**Class** *class <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>*  =  $\mathcal{P}_{k_j}$ .attributeValue(*attributes <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* .next());

**Float** *profileClassSimilarity* = calculateClassSimilarity(*class <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* , *class <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* );

**REPEAT**

**Attribute** *currentAttribute* = *attributes <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* .next();

**IF** (*attributes <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* .contains(*currentAttribute*))

**Value** *attributeValue <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>*  =  $\mathcal{P}_{k_i}$ .attributeValue(*currentAttribute*);

**Value** *attributeValue <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>*  =  $\mathcal{P}_{k_j}$ .attributeValue(*currentAttribute*);

**Float** *attributeWeight* = *attributeWeights*.getWeight(*currentAttribute*);

**Query** *findAttributeType* = SELECT ?x WHERE (attribute, <rdf:type>, ?x);

**Float** *attributeSimilarity* = 0;

**Type** *attributeType* = performQuery(*findAttributeType*);

**IF** (*attributeType* == string **OR** integer **OR** float)

*attributeSimilarity* = calculatePrimitiveSimilarity(*attributeValue <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* , *attributeValue <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* , *attributeType*);

**ELSE IF** (*attributeType* == object)

**Query** *findAttributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>*  = SELECT ?x WHERE (*attributeValue <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* , <serql:directType>, ?x);

**Query** *findAttributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>*  = SELECT ?x WHERE (*attributeValue <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* , <serql:directType>, ?x);

**Class** *attributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>*  = performQuery(*findAttributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* );

**Class** *attributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>*  = performQuery(*findAttributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* );

*attributeSimilarity* = calculateClassSimilarity(*attributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* , *attributeClass <sub>$\mathcal{P}_{k_j}$</sub>* );

*allAttributesSimilarity* += *attributeSimilarity* \* *attributeWeight*;

*weightSum* += *attributeWeight*;

**UNTIL** (*attributes <sub>$\mathcal{P}_{k_i}$</sub>* .next() == null);

**Float** *profileClassSimilarityWeighted* = *profileClassSimilarity* \* *profileClassWeight*;

**Float** *allAttributesSimilarityWeighted* = (*allAttributesSimilarity* / *weightSum*) \* (1 - *profileClassWeight*);

**Float** *finalSimilarity* = *profileClassSimilarityWeighted* + *allAttributesSimilarityWeighted*;

**RETURN** *finalSimilarity*;

### Isp. 4.3. Pseudokod za izračun sličnosti dva korisnička profila

Tab. 4.1. Primjer usporedbe dva korisnička profila

	Atribut	Tip atributa	$\mathcal{P}_{k_i}$	$\mathcal{P}_{k_j}$	Rezultat
1	<b>ProfileClass</b>	<i>klasa</i>	<b>MobilePhoneProfile</b>	<b>LaptopProfile</b>	<b>0.250</b>
2	hasAvailableMemory	<i>integer</i>	18000	1000000	0.018
3	hasHorizontalResolution	<i>integer</i>	180	1600	0.113
4	hasVerticalResolution	<i>integer</i>	230	1050	0.219
5	hasBitsPerPixel	<i>integer</i>	16	32	0.500
6	hasImei	<i>string</i>	35461002-303538-0-34		0.000
7	hasOs	<i>instanca</i>	BasicOs	WindowsVista	0.500
8	hasBrowser	<i>instanca</i>	SonyEricssonBrowser	MozillaFirefox	0.500
9	hasJavaVersion	<i>integer</i>	15	16	0.938
10	hasPreferredInformationType	<i>instanca</i>	PlainText	Avi	0.333
11	hasPreferredInformationService	<i>instanca</i>	CroatiaPoliticsInstance	MoviesInstance	0.333
12	hasPreferredLanguage	<i>instanca</i>	English	Hrvatski	0.500
13	hasPreferredGenre	<i>instanca</i>	RockMusic	ThrillerMovie	0.333
14	hasPreferredQoS	<i>instanca</i>	Silver	Gold	0.500
15	hasPreferredDeliveryType	<i>instanca</i>	NonStreaming	Streaming	0.500
16	hasEnvironment	<i>instanca</i>	InnerSpace	InnerSpace	1.000
17	hasLocation	<i>instanca</i>	Ina	TrgBanaJelacica	0.286
18	hasCoordinatesX	<i>float</i>	50.21459	30.21389	0.602
19	hasCoordinatesY	<i>float</i>	48.21344	41.21389	0.855
20	atTime	<i>instanca</i>	Night	Night	1.000
21	hasSocialActivity	<i>instanca</i>	WritingPresentation	CoffeDrinking	0.333
	<b>Sličnost profila</b>				<b>0.427</b>

Primjer usporedbe para korisničkih profila prikazan je u Tab. 4.1. Prvi profil u usporedbi ( $\mathcal{P}_{k_i}$ ) je profil sa Sl. 3.14 i Isp. 3.5, naveden kao **Profil 1** u prilogu disertaciji (Prilog: korisnički profili), dok je drugi profil u usporedbi ( $\mathcal{P}_{k_j}$ ) naveden kao **Profil 3** u istome prilogu disertaciji. U navedenom primjeru su sve težine atributa (*attributeWeights*) postavljene na vrijednost 1, dok je težina sličnosti položaja uspoređivanih profila u ontologiji prilikom izračuna konačne ocjene (*profileClassWeight*) postavljena na vrijednost 0.3. To znači da sličnost relativnog položaja uspoređivanih profila u ontologiji doprinosi s 30% u konačnoj ocjeni sličnosti, a kumulativna ponderirana sličnost svih atributa doprinosi sa 70%. Iz izračuna prikazanog u Tab. 4.1 može se primijetiti da je semantička sličnost uspoređivanog para korisničkih profila  $usp(\mathcal{P}_{k_i}, \mathcal{P}_{k_j}) = 0.427$ .

### 4.2.3 Mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika

Društvena mreža se gradi od onog dijela korisnika koji zadovoljavaju uvjet izdvajanja  $u_{izd}$ . Korisnici koji zadovoljavaju taj uvjet pripadaju skupu korisnika  $\mathcal{K}_{u_{izd}}$ , a njima pripadajući profili čine skup profila  $\mathcal{P}_{u_{izd}}$ . U disertaciji će biti korišten primjer s  $|\mathcal{K}_{u_{izd}}| = 10$ , gdje je 10 korisnika koji zadovoljavaju uvjet izdvajanja opisano s 10 korisničkih profila navedenih u prilogu disertaciji (Prilog: korisnički profili, **Profil 1** do **Profil 10**) –  $\mathcal{P}_{u_{izd}} = \mathcal{P}_{p_{k_{10}}} = \{p_{k_1}, p_{k_2}, \dots, p_{k_{10}}\}$ . Ovako dimenzionirana društvena mreža je s jedne strane dovoljno jednostavna da omogućava navođenje cjelovite matrice sličnosti te vizualizaciju, a s druge strane je dovoljno složena za demonstraciju osnovnih metoda analize društvenih mreža.

Mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga  $idm$  definiran je s Izrazom (2.9) kao funkcija koja za argumente uzima matricu međusobne sličnosti svih profila korisnika s kojima je davatelj usluga u poslovnim odnosu ( $\mathcal{K}_t$ ) i kao rezultat vraća graf  $\mathcal{G}_{dm_t}$ , koji predstavlja društvenu mrežu korisnika telekomunikacijskih usluga i definiran je s Izrazom (2.10).

Ako se želi izgraditi društvena mreža koju čine korisnici definirani skupom korisnika  $\mathcal{P}_{u_{izd}} = \mathcal{P}_{p_{k_{10}}}$ , primjenivši definiciju mehanizma  $idm$  (Izraz (2.9)) dobiva se sljedeće:

$$idm([\mathit{mat}]_{usp_{p_{k_{10}}}}) : \begin{bmatrix} usp(p_{k_1}, p_{k_1}) & \dots & usp(p_{k_1}, p_{k_{10}}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ usp(p_{k_{10}}, p_{k_1}) & \dots & usp(p_{k_{10}}, p_{k_{10}}) \end{bmatrix} \rightarrow \mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}. \quad (4.28)$$

Izraz (4.28) govori da se najprije mora stvoriti matrica sličnosti na temelju međusobne usporedbe svakog mogućeg para korisničkih profila iz skupa  $\mathcal{P}_{p_{k_{10}}}$  (dakle,  $usp(p_{k_i}, p_{k_j}), \forall (i, j) \in [1, 10]$ ). Ipak, zbog svojstva simetričnosti funkcije  $usp$  (Izraz (2.8)) nije potrebno raditi  $|\mathcal{P}_{p_{k_{10}}}| \times |\mathcal{P}_{p_{k_{10}}}| = 10 \times 10 = 100$  usporedbi, već upola toliko jer se rezultatom usporedbe  $usp(p_{k_i}, p_{k_j})$  može popuniti i mjesto u matrici  $[\mathit{mat}]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  namijenjeno za usporedbu  $usp(p_{k_j}, p_{k_i})$ . Štoviše, zbog svojstva funkcije  $usp$  da usporedba istih profila nužno rezultira sa sličnošću jednakom 1 (odnosno,  $usp(p_{k_i}, p_{k_i}) = 1, \forall i$ ), tada svi elementi na dijagonali matrice  $[\mathit{mat}]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  imaju vrijednost 1, što opet nije potrebno računati upotrebom funkcije  $usp$ . Na taj način, umjesto 100 usporedbi potrebno je računati samo 40 usporedbi, što je ušteda od 60%. Unatoč ovoj uštedi, mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga  $idm$  ima kvadratnu vremensku složenost ( $O(n^2)$ ) i kao takav je vremenski kritična faza u procesu stvaranja društvene mreže korisnika telekomunikacijskih

usluga. Eksperimentalnom analizom<sup>75</sup> vremena potrebnog za izvođenje mehanizma za izgradnju društvene mreže u ovisnosti o broju korisnika u društvenoj mreži  $|\mathcal{P}_{u_{izd}}|$  je potvrđeno kako je vrijeme izvođenja mehanizma proporcionalno kvadratu broja korisnika u društvenoj mreži. Preciznije, implementirani mehanizam podržava izgradnju društvene mreže s 50 članova za manje od minute, a 100 članova za manje od 3 minute, što omogućava primjenjivost istoga u stvarnom telekomunikacijskom okružju za usluge kojima je potrebna izgradnja društvene mreže svakih nekoliko minuta ili rjeđe.<sup>76</sup> Zbog kvadratne vremenske složenosti je također bitno pažljivo definirati uvjet izdvajanja  $u_{izd}$  u fazi koja prethodi izgradnji društvene mreže korisnika – fazi izdvajanja korisničkih profila. Na taj način mehanizam  $ikp$  može među svim korisnicima davatelja usluge izdvojiti upravo one koji su davatelju usluge „zanimljivi“ u određenom trenutku i za određenu namjenu te omogućiti vremenski efikasno odvijanje mehanizma  $idm$ .

U Tab. 4.2 dan je izgled matrice  $[mat]_{usp, p_{k_1} \dots p_{k_{10}}}$ , gdje vrijednosti u tablici odražavaju semantičku sličnost između para uspoređivanih korisničkih profila (veća vrijednost predstavlja veću sličnost), s tim da su svi parametri mehanizma  $usp$  postavljeni na vrijednosti jednake kao i kod usporedbe predstavljene u Tab. 4.1. U Tab. 4.2 se vrlo jasno vidi simetričnost funkcije  $usp$ , te svojstvo funkcije  $usp$  koje kaže da vrijedi  $usp(p_{k_i}, p_{k_i}) = 1, \forall i$ .

**Tab. 4.2. Matrica sličnosti korisničkih profila**

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$
$k_1$	1.000	0.743	0.427	0.448	0.756	0.748	0.448	0.455	0.459	0.463
$k_2$	0.743	1.000	0.414	0.431	0.863	0.803	0.457	0.465	0.510	0.509
$k_3$	0.427	0.414	1.000	0.661	0.476	0.482	0.841	0.624	0.614	0.813
$k_4$	0.448	0.431	0.661	1.000	0.448	0.511	0.680	0.817	0.797	0.632
$k_5$	0.756	0.863	0.476	0.448	1.000	0.856	0.474	0.479	0.515	0.483
$k_6$	0.748	0.803	0.482	0.511	0.856	1.000	0.497	0.473	0.471	0.505
$k_7$	0.448	0.457	0.841	0.680	0.474	0.497	1.000	0.647	0.623	0.817
$k_8$	0.455	0.465	0.624	0.817	0.479	0.473	0.647	1.000	0.830	0.553
$k_9$	0.459	0.510	0.614	0.797	0.515	0.471	0.623	0.830	1.000	0.568
$k_{10}$	0.463	0.509	0.813	0.632	0.483	0.505	0.817	0.553	0.568	1.000

<sup>75</sup> Mjerenje vremena izvođenja provedeno je na virtualiziranom računalu kojem su dodijeljeni sljedeći resursi: 4 jezgre Intelovog procesora Xeon X5560 s taktom 2.8 GHz te 4 GB memorije.

<sup>76</sup> Treba imati na umu da je vremenska efikasnost višeagentskog sustava evaluirana na računalu čije performanse su značajno slabije od računalne podrške upotrebljavane od strane davatelja usluga u stvarnim telekomunikacijskim mrežama.

Nakon što je stvorena matrica sličnosti korisničkih profila  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$ , Izraz (4.28) govori da je potrebno matricu sličnosti transformirati u graf  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  koji predstavlja društvenu mrežu korisnika usluga. Ovdje postoji mnogo načina na koje se matrica sličnosti može transformirati u matricu susjednosti  $[\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}]$ , koja definira društvenu mrežu (kako je to objašnjeno s Izrazom (4.15)). Najjednostavniji način je zamijeniti vrijednosti 1 na dijagonali matrice sličnosti s vrijednosti 0 (budući da u društvenoj mreži korisnik ne može biti povezan sam sa sobom, kako je već objašnjeno), a ostatak matrice sličnosti  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  ne mijenjati:

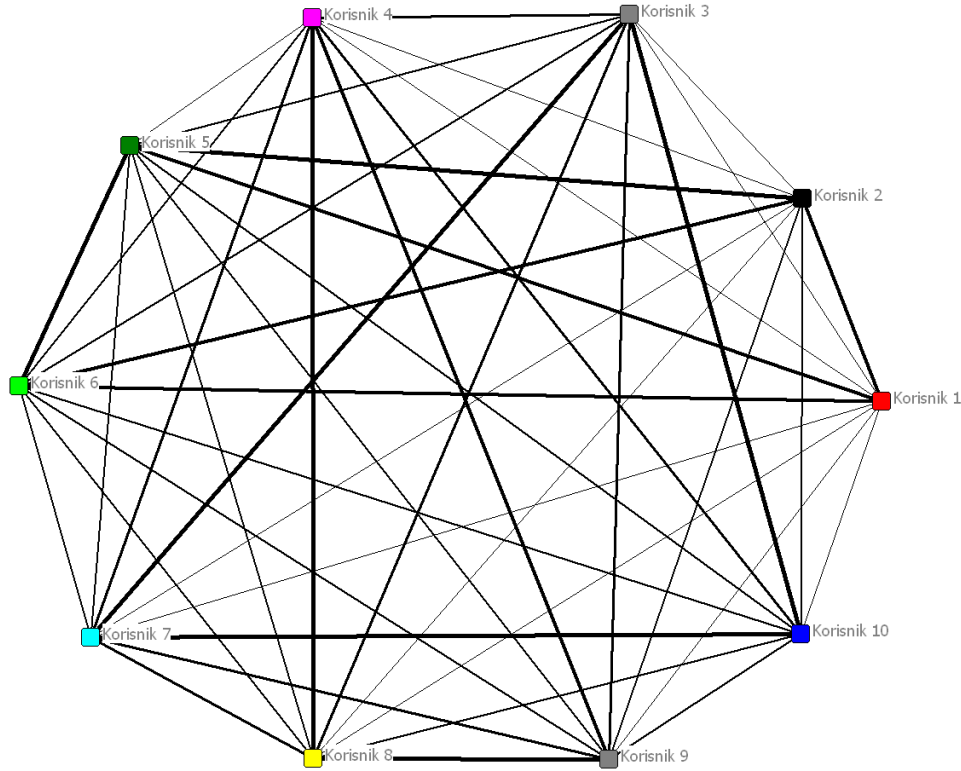
$$[\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}]_{i,j} = \begin{cases} [mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}_{i,j}, & \text{ako je } i \neq j \\ 0, & \text{ako je } i = j \end{cases}, \forall (i,j) \in [1, 10]. \quad (4.29)$$

Tada se dobiva sljedeća matrica susjednosti za društvenu mrežu određenu grafom  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$ :

$$[\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}] = \begin{bmatrix} 0.000 & 0.743 & 0.427 & 0.448 & 0.756 & 0.748 & 0.448 & 0.455 & 0.459 & 0.463 \\ 0.743 & 0.000 & 0.414 & 0.431 & 0.863 & 0.803 & 0.457 & 0.465 & 0.510 & 0.509 \\ 0.427 & 0.414 & 0.000 & 0.661 & 0.476 & 0.482 & 0.841 & 0.624 & 0.614 & 0.813 \\ 0.448 & 0.431 & 0.661 & 0.000 & 0.448 & 0.511 & 0.680 & 0.817 & 0.797 & 0.632 \\ 0.756 & 0.863 & 0.476 & 0.448 & 0.000 & 0.856 & 0.474 & 0.479 & 0.515 & 0.483 \\ 0.748 & 0.803 & 0.482 & 0.511 & 0.856 & 0.000 & 0.497 & 0.473 & 0.471 & 0.505 \\ 0.448 & 0.457 & 0.841 & 0.680 & 0.474 & 0.497 & 0.000 & 0.647 & 0.623 & 0.817 \\ 0.455 & 0.465 & 0.624 & 0.817 & 0.479 & 0.473 & 0.647 & 0.000 & 0.830 & 0.553 \\ 0.459 & 0.510 & 0.614 & 0.797 & 0.515 & 0.471 & 0.623 & 0.830 & 0.000 & 0.568 \\ 0.463 & 0.509 & 0.813 & 0.632 & 0.483 & 0.505 & 0.817 & 0.553 & 0.568 & 0.000 \end{bmatrix}. \quad (4.30)$$

Transformacijom matrice sličnosti u matricu susjednosti prema Izrazu (4.29) dobiva se neusmjereni težinski graf  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$ , vizualiziran alatom *Netdraw* na Sl. 4.8. Veća težina pojedine grane se na Sl. 4.8 očituje u većoj debljini linije (tako se, primjerice, može primijetiti da je grana  $e_{k_1 k_3}$  zamjetno tanja od grane  $e_{k_1 k_2}$  zbog činjenice da težina grane  $e_{k_1 k_3}$ , označena s  $\|e_{k_1 k_3}\|$ , iznosi  $\|e_{k_1 k_3}\| = [\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}]_{1,3} = 0.427$ , dok je težina grane  $e_{k_1 k_2}$  zamjetno veća i iznosi  $\|e_{k_1 k_2}\| = [\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}]_{1,2} = 0.743$ ).

Osim što je transformacija opisana Izrazom (4.29) najjednostavniji način za izgradnju grafa  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  iz matrice sličnosti  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$ , ona ujedno daje i najpreciznije rezultate s obzirom da težine grana između čvorova u ovom slučaju točno označavaju semantičku sličnost između korisnika koje ti čvorovi predstavljaju.



Sl. 4.8. Društvena mreža korisnika telekomunikacijskih usluga (težinski graf)

Ipak, s ciljem da se u nastavku disertacije omogući analiza društvene mreže dostupnom programskom podrškom, graf  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  će biti pojednostavljen. To će biti učinjeno tako da će pravilo za preslikavanje matrice sličnosti korisničkih profila  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  u matricu susjednosti grafa  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  koji predstavlja društvenu mrežu sada glasiti:

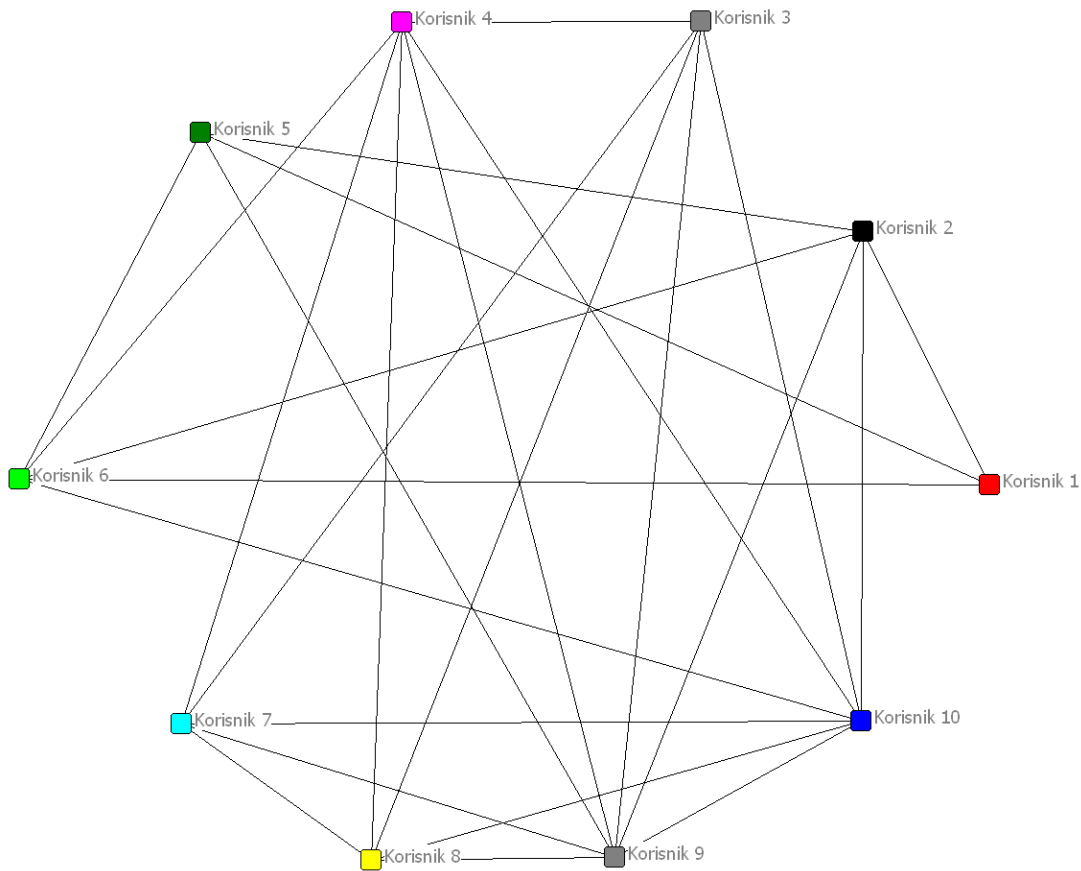
- zamijeniti vrijednosti 1 na dijagonali matrice  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  s vrijednosti 0, prema pravilu definiranom u Izrazu (4.31):

$$[\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}]_{i,j} = 0, \forall (i = j) \in [1, 10]; \quad (4.31)$$

- sve vrijednosti koje se ne nalaze na dijagonali matrice  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  transformirati prema pravilu definiranom u Izrazu (4.32):

$$[\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}]_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{ako je } [mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}_{i,j} \geq threshold \\ 0, & \text{ako je } [mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}_{i,j} < threshold \end{cases}, \forall (i \neq j) \in [1, 10]. \quad (4.32)$$





Sl. 4.9. Društvena mreža korisnika usluga predočena dihotomiziranim grafom

Pravilo transformacije definirano izrazom (4.32) naziva se dihotomizacija<sup>77</sup> (engl. *dichotomization*). Ako parameter *threshold*<sup>78</sup> postavimo na vrijednost  $threshold = 0.500$ , tada se dobiva sljedeća matrica susjednosti za društvenu mrežu određenu grafom  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$ :

<sup>77</sup> *Dihotomizacija* je definirana kao dijeljenje entiteta u dvije izraženo različite kategorije.

<sup>78</sup> Parametar *threshold* je moguće definirati primjenom različitih kriterija. Tako je moguće parametar *threshold* odrediti kao prosječnu vrijednost svih ne-dijagonalnih elemenata matrice  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  ili njegovu vrijednost podesiti tako da u grafu  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  postoji točno određeni postotak maksimalnog broja grana (primjerice, 10%). U promatranom slučaju parametar *threshold* je podešen na 50% maksimalne vrijednosti koju elementi matrice  $[mat]_{usp_{p_{k_{10}}}}$  mogu poprimiti.

$$[\mathcal{G}_{dm_{p,k_{10}}}] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4.33)$$

Transformacijom matrice sličnosti u matricu susjednosti prema Izrazima (4.31) i (4.32) dobiva se neusmjereni graf  $\mathcal{G}_{dm_{p,k_{10}}}$ , vizualiziran alatom *Netdraw* na Sl. 4.9. Može se primjetiti da su ovdje, za razliku od grafa prikazanog na Sl. 4.8, sve grane jednake težine, ali ne postoje grane između svih parova čvorova.

### 4.3 Analiza društvene mreže

Analiza društvenih mreža (engl. *Social Networks Analysis*, SNA) je disciplina koja vuče svoje korijene s kraja 60-ih godina prošloga stoljeća i koja se počela razvijati nakon što je Milgram objavio rezultate „eksperimenta s malim svijetom“ (engl. *Small World experiment*), demonstrirajući ideju poznatu pod nazivom „šest koraka razdvajanja“ (engl. *six degree of separation*)<sup>79</sup> [256][257]. Ova znanstvena disciplina se razvila iz potrebe za shvaćanjem složenosti ljudskog ponašanja u grupama na razini koja je objektivnija i znanstvenija nego pristup psihologije i sociologije istome problemu. Mehanizmi analize društvenih mreža su usmjereni na otkrivanje obrazaca (uzoraka) ponašanja u vezama između entiteta iste (npr. veza pojedinac-pojedinac ili veza grupa-grupa) ili različite razine (npr. veza pojedinac-grupa). Brown [258] je te obrasce ponašanja zamišljao na sljedeći način:

*„Društvena struktura zapravo postaje vidljiva ako zamislimo mravinjak; pokreti i kontakti koji se mogu primijetiti nisu slučajni, već definirani obrascem ponašanja. Nadalje, ako promatramo ljudsku (američku) zajednicu s dovoljno udaljenog vidikovca, mjesta iz kojeg se osobe čine kao male pokretne točkice, trebali bismo biti u mogućnosti vidjeti strukturu u njenom životu... Trebali bismo vidjeti da ove točkice ne pristupaju slučajno jedna drugoj, da se neke obično drže zajedno, da se neke često susreću, a neke nikada... Kada bismo bili u mogućnosti da se dovoljno odmaknemo od njega, ljudski život bi postao čisti obrazac ponašanja.“*

<sup>79</sup> Ideja o „šest koraka razdvajanja“ se odnosi na činjenicu da, ako je osoba jedan korak udaljena od svake osobe koju zna i dva koraka udaljena od svake osobe koju poznaje bilo tko od ljudi poznatih promatranoj osobi, tada je svakom najviše šest koraka udaljen od bilo koje druge osobe na Zemlji.

Znanstvenici koji se bave područjem analize društvenih mreža nastoje opisati temeljne uzorke društvene strukture, objasniti utjecaj takvih društvenih struktura na njihovo okruženje te pratiti promjene u tim istim društvenim strukturama. Kako bi bili u stanju izvršiti zadaće koje su stavili pred sebe, znanstvenici su razvili mehanizme za otkrivanje društvenih uzoraka te analiziranje implikacija tih strukturalnih uzoraka na ponašanje članova društvene mreže. Temelji analize društvenih mreža nalaze se u intuitivnom shvaćanju da su obrasci ponašanja važne značajke života pojedinaca koji su ih prikazali. Znanstvenici koji istražuju društvene mreže vjeruju da način života pojedinca u velikoj mjeri ovisi o tome kako je taj pojedinac povezan u veću mrežu društvenih odnosa. Štoviše, mnogi vjeruju da uspjeh ili neuspjeh čitavih zajednica i organizacija često ovisi o uzorcima ponašanja koji se mogu prepoznati u njihovoj unutarnjoj strukturi. Dvije su temeljne postavke „mrežnog pristupa“ proučavanju ljudskog ponašanja:

1. Vođen je formalnom matematički utemeljenom teorijom;
2. Temeljen je na sustavnoj analizi empirijskih informacija.

Čvrsti teorijski temelji u području analize društvenih mreža napravljeni su u 70-im godinama prošlog stoljeća istraživanjima predstavljenim u radovima [259][260][261][262], osnivanjem dvaju znanstvenih časopisa *Social Networks*<sup>80</sup> i *Connections*<sup>81</sup> te akademskog udruženja INSNA<sup>82</sup> (*The International Network of Social Network Analysts*). Sljedeća dva desetljeća napravljeno je mnogo praktičnih studija u kojima se pokušalo na društvenim mrežama izgrađenim prema primjerima iz stvarnog svijeta primijeniti teoretsko znanje iz područja. Tako je istraživana povezanost nadzornih odbora različitih kompanija [263], rađene su analize društvene strukture naroda [264] ili pak objašnjeno širenje novih ideja unutar zajednice [265]. Nadalje, istaknuta je važnost uloge društvenih mreža tijekom pružanja podrške među ljudima [266], strukturiranju nemira te drugih političkih sukoba [267], analizi imigrantskih procesa [268] ili pak proučavanju procesa unutar tvrtki [269]. Ipak, pravi procvat analiza društvenih mreža je doživjela paralelnim eksplozivnim rastom računalne moći te razvojem društvenih web-stranica, koje predstavljaju dotad neviđen izvor podataka o ljudskom ponašanju [270].

Neka od poznatijih istraživanja koja se temelje na primjeni SNA-metoda na *Facebook* društvenim web-stranicama su [271] i [272]. U prvom je analizirano 362 milijuna poruka razmijenjenih između preko 4 milijuna korisnika *Facebooka* s ciljem otkrivanja obrazaca komunikacije među korisnicima te društvene mreže. U drugom istraživanju je proučavana veza između strukture profila (tj. popunjenosti polja u korisničkom profilu) i broja *Facebook*

<sup>80</sup> <http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.authors/505596/description>

<sup>81</sup> <http://www.insna.org/pubs/connections/>

<sup>82</sup> <http://www.insna.org/>

„prijatelja“, pokušavajući otkriti kolika je važnost profila i na koji način on utječe na stvaranje veza među korisnicima (tj. na privlačenje „prijatelja“).

SNA-metode su korištene i za istraživanje drugih društvenih web-stranica. Tako je u [273] analizirana uloga korisnika u samoj evoluciji društvene mreže (na primjeru društvenih web-stranica *Flickr* i *Yahoo! 360*) te je zaključeno da postoje tri vrste korisnika: *pasivni korisnici* koji ne dopridonose razvoju društvene mreže, zatim *korisnici pozivatelji* (engl. *inviters*) koji pozivaju nove korisnike da se priključe te *korisnici povezivatelji* (engl. *linkers*) koji najviše dopridonose evoluciji društvene mreže budući da povezuju podgrupe. Nadalje, na društvenoj web-stranici *LiveJournal* provedena su istraživanja o klasifikacijskoj strukturi „prijatelja“ [274], analizirana je uloga jezika u topologiji „prijatelja“ [275], provedeno je istraživanje kolika je važnost geografije u „prijateljstvu“ [276] te studije o tome što motivira ljude da se priključe pojedinim podgrupama [277]. Zatim, na primjeru društvene web-stranice *Orkut* [278] analizirane su različite metode računanja sličnosti između zajednica (grupa ili podmreža, engl. *cluster*) u sklopu društvene mreže, s ciljem preporučivanja članstva u novim zajednicama koje bi mogle zanimati već postojeće korisnike. Također, analiza 100 tisuća korisničkih profila s dvije različite društvene web-stranice pokazala je da nisu samo društvene mreže nastale eksplicitnim korisničkim povezivanjima vrijedne istraživanja, već je demonstrirano kako se analizom osobnih karakteristika korisnika navedenih u njihovima profilima (npr. najdraži filmovi, knjige, glazba, hrana, ...) mogu stvoriti alternativne veze među korisnicima kojih oni sami niti nisu svjesni (tzv. implicitna društvena mreža) [279]. Na kraju, SNA-metode su korištene i prilikom istraživanja društvenih mreža stvorenih upotrebom tehnologija semantičkog weba [161][222][280][281].

Mehanizmi za analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga (*ADM*) označavaju skupinu mehanizama koji se temelje na teoriji grafova, a omogućavaju analizu društvene mreže korisnika iz različitih perspektiva. Analiza društvenih mreža može se provoditi na nekoliko razina – analizu je moguće započeti od pojedinačnih entiteta, preko parova (dijada, engl. *dyad*) i trojki entiteta (trijada, engl. *triad*) do podgrupa i grupa u cjelini. S obzirom da se navedene razine mogu vrlo precizno opisati kao podgrafovi modelirane društvene mreže, većina SNA-metoda se upravo odnosi na analizu podgrafova.

U nastavku bit će opisana svojstva grafova zanimljiva za primjenu u domeni analize društvenih mreža. Uz opis svakog svojstva te načina njegovog računanja, bit će navedeno i značenje pojedinog svojstva iz perspektive analize društvene mreže.

### 4.3.1 Opisna svojstva društvene mreže

Opisna svojstva predstavljaju osnovne informacije o društvenoj mreži. Opisna svojstva daju osnovne podatke o čvorovima u društvenoj mreži, o ukupnom broju veza prisutnih u promatranoj društvenoj mreži te o „udaljenostima“ između parova čvorova.

#### 4.3.1.1 Stupanj čvora

U neusmjerenom grafu, stupanj pojedinog čvora (engl. *vertex degree*) jednak je broju veza incidentnih s tim čvorom. Stupanj čvora  $v_a$  označava se s  $d(v_a)$ . U grafu s  $|\mathcal{V}|$  čvorova, stupanj pojedinog čvora je cijeli broj u rasponu od 0 (ukoliko promatrani čvor nema susjednih čvorova) do  $|\mathcal{V}| - 1$  (ukoliko je promatrani čvor susjedan sa svim preostalim čvorovima u grafu). Čvor čiji je stupanj jednak 0 naziva se *izoliranim čvorom* (engl. *isolated vertex*), dok se graf u kojem su svi čvorovi stupnja  $k$  naziva *k-regularan graf*.

Međutim, prilikom analize društvene mreže korisnije su informacije o srednjem stupnju svih čvorova u grafu koji modelira promatranu društvenu mrežu te o varijanci<sup>83</sup> stupnjeva. Srednji stupanj čvorova  $\bar{d}$  u grafu  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$  jednak je:

$$\bar{d}(\mathcal{G}) = \frac{\sum_{v_a \in \mathcal{V}} d(v_a)}{|\mathcal{V}|} = \frac{2 \times |\mathcal{E}|}{|\mathcal{V}|}, \quad (4.34)$$

dok je varijanca  $\sigma_{\bar{d}(\mathcal{G})}^2$  jednaka:

$$\sigma_{\bar{d}(\mathcal{G})}^2 = \frac{\sum_{v_a \in \mathcal{V}} (d(v_a) - \bar{d})^2}{|\mathcal{V}|}. \quad (4.35)$$

U regularnim grafovima varijanca je jednaka 0 (budući da su svi čvorovi jednakog stupnja), dok u ostalim grafovima varijanca pokazuje prosječnu vrijednost kvadrata razlike stupnja čvora od srednje vrijednosti stupnja čvora.

Razlike u stupnjevima pojedinih čvorova predstavljaju razlike u povezanosti pojedinih entiteta društvene mreže. Stoga, iako je stupanj čvorova svojstvo koje se relativno jednostavno može odrediti, ono pruža vrlo vrijedne informacije o društvenoj mreži i entitetima koji je čine. Ukoliko se, primjerice, promatra društvena mreža u kojoj veza između pojedinih entiteta predstavlja prijateljstvo, tada se može zaključiti da čvor s niskim stupnjem predstavlja osobu koja je povučena, dok će čvor s visokim stupnjem predstavljati osobu otvorenu prema drugim članovima društvene mreže.

<sup>83</sup> U statistici, varijanca neke varijable je mjera odstupanja svih pojedinih vrijednosti koje ta varijabla poprima u odnosu na njezinu srednju vrijednost.

Kod usmjerenih grafova moguće je mjeriti dva različita stupnja za svaki čvor – ulazni stupanj  $d_I(v_a)$  (engl. *in-degree*) koji predstavlja broj veza za koje je promatrani čvor primatelj, te izlazni stupanj  $d_O(v_a)$  (engl. *out-degree*) koji predstavlja broj veza za koje je promatrani čvor pošiljalatelj. Kao i kod neusmjerenog grafa, moguće je odrediti srednji ulazni i srednji izlazni stupanj čvorova prilagodbom Izraza (4.34), odnosno odgovarajuće varijance prilagodbom Izraza (4.35). S obzirom da je broj veza koje izlaze iz svih čvorova grafa jednak broju veza koje ulaze u čvorove, srednje vrijednosti ulaznog i izlaznog stupnja će uvijek biti jednake ( $\overline{d_I(v_a)} = \overline{d_O(v_a)}$ ). S druge strane, odgovarajuće varijance za ulazni odnosno izlazni stupanj mogu biti različite.

Ulazni i izlazni stupnjevi čvorova predstavljaju važne parametre pri analizi društvenih mreža. Značenje koje poprimaju značajno ovisi o vrsti mreže za koju se određuju, odnosno o vrsti veza koje povezuju entitete u mreži. U većini upotreba za analizu društvenih mreža, ulazni stupanj čvorova se koristi kao mjera popularnosti (engl. *popularity*) entiteta kojeg taj čvor predstavlja dok izlazni stupanj predstavlja sklonost entiteta za povezivanjem (engl. *expansiveness*).

#### 4.3.1.2 Gustoća mreže

Broj mogućih veza u jednostavnom<sup>84</sup> neusmjerenom grafu ograničen je brojem čvorova. U grafu s  $|\mathcal{V}|$  čvorova maksimalni broj mogućih veza jednak je  $\binom{|\mathcal{V}|}{2} = \frac{|\mathcal{V}| \times (|\mathcal{V}| - 1)}{2}$ . Gustoća grafa predstavlja udio mogućih veza koje su prisutne u promatranom grafu, točnije predstavlja omjer broja prisutnih veza  $|\mathcal{E}|$  i maksimalnog mogućeg broja veza u grafu. Gustoća grafa  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$  označava se s  $\Delta(\mathcal{G})$  te se računa na sljedeći način:

$$\Delta(\mathcal{G}) = \frac{|\mathcal{E}|}{\frac{|\mathcal{V}| \times (|\mathcal{V}| - 1)}{2}} = \frac{2 \times |\mathcal{E}|}{|\mathcal{V}| \times (|\mathcal{V}| - 1)}. \quad (4.36)$$

Gustoća grafa je realan broj koji raste od vrijednosti 0 u slučaju da u grafu nije prisutna niti jedna veza, do vrijednosti 1 ako su u grafu međusobno povezani svi čvorovi. Između gustoće grafa i srednje vrijednosti stupnja čvorova postoji veza koja slijedi iz Izraza (4.34) i (4.36):

$$\Delta(\mathcal{G}) = \frac{\overline{d(\mathcal{G})}}{|\mathcal{V}| - 1}. \quad (4.37)$$

Iz Izraza (4.37) je vidljivo kako je gustoća grafa jednaka omjeru prosječnog broja veza incidentnih sa svakim čvorom te najvećeg mogućeg broja veza incidentnih sa svakim čvorom.

<sup>84</sup> Jednostavan graf je onaj koji nema petlji (veza koje povezuju čvor sam sa sobom) niti više od jedne veze koje spajaju isti par čvorova.

Gustoća mreže je vrlo često mjera koja opisuje evoluciju društvene mreže – mreže koje su tek nastale imaju malu gustoću jer se njeni članovi još nisu povezali, dok velika gustoća društvene mreže svjedoči o „zrelosti“ mreže budući da postoji veza među mnogim njenim članovima.

#### 4.3.1.3 Geodetska udaljenost

Geodetska udaljenost (engl. *geodesic distance*) predstavlja minimalnu udaljenost između para čvorova u grafu. Za razumijevanje pojma geodetske udaljenosti potrebno je prvo definirati pojam puta u grafu. Put između čvora  $v_a$  i čvora  $v_b$  je uređeni niz čvorova  $v_a, v_i, \dots, v_j, v_b$  u kojem postoji veza između svakog para susjednih čvorova u nizu. Geodetska udaljenost između para čvorova jest duljina najkraćeg puta koji povezuje ta dva čvora. Geodetska udaljenost između čvorova  $v_a$  i  $v_b$  označava se s  $gd(v_a, v_b)$  te u neusmjerenom grafu dodatno vrijedi:

$$gd(v_a, v_b) = gd(v_b, v_a) \quad (4.38)$$

Kod usmjerenih grafova Izraz (4.38) ne mora nužno vrijediti jer u takvim grafovima put od čvora  $v_a$  do čvora  $v_b$  može biti različit od puta od čvora  $v_b$  do čvora  $v_a$ .

Geodetska udaljenost je važan parametar grafa, jer opisuje koliko su parovi čvorova međusobno udaljeni te se koristi u određivanju nekih drugih parametara (primjerice, računanja centralnosti blizine čvora). Kao i kod promatranja stupnjeva čvorova, vrlo često se koristi i srednja vrijednost geodetske udaljenosti između čvorova za čitav graf. Srednja geodetska udaljenost grafa  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$  izračunava se kao:

$$\overline{gd(\mathcal{G})} = \frac{2}{|\mathcal{V}| \times (|\mathcal{V}| - 1)} \times \sum_{v_a \neq v_b \in \mathcal{V}} gd(v_a, v_b). \quad (4.39)$$

Izraz (4.39) pretpostavlja postojanje puta između svih parova čvorova u grafu.

Srednja vrijednost udaljenosti svih parova čvorova u mreži također pruža vrlo korisne informacije za analizu same mreže. U stvarnim mrežama, udaljenost između većine parova čvorova je malena u odnosu na broj čvorova. Provedena su brojna istraživanja ovog fenomena na stvarnim društvenim mrežama te je potvrđeno i dokazano njegovo postojanje [256]. Ovaj fenomen poznat je i kao „šest koraka razdvajanja“ [257] jer je pokazano da je prosječna geodetska udaljenost između bilo koja dva para čvorova u stvarnim društvenim mrežama rijetko veća od 6.

### 4.3.2 Strukturna svojstva društvene mreže

Određivanje važnosti pojedinih entiteta te identificiranje najvažnijih entiteta u društvenoj mreži jedna je od glavnih motivacija za korištenje teorije grafova u analizi društvenih mreža. Važnost pojedinog entiteta često je povezana s položajem tog sudionika unutar društvene mreže – važniji entiteti se nalaze na strateški važnim lokacijama unutar same mreže. Kao mjere za važnost entiteta u društvenoj mreži u nastavku će biti predstavljene *centralnost*, koja se može primijeniti i kod usmjerenih i kod neusmjerenih grafova, *prestíž* koji je moguće odrediti samo za usmjerene grafove budući da ova mjera razlikuje dolazne i odlazne veze te *tranzitivnost* koja se, u pravilu, računa za neusmjerene grafove.

#### 4.3.2.1 Centralnost

Važan, ili istaknuti (engl. *prominent*), entitet jest onaj koji sudjeluje u brojnim vezama unutar društvene mreže. U terminima teorije grafova, istaknuti čvor je onaj čvor u grafu koji je povezan s najvećim brojem drugih čvorova. Zbog svoje povezanosti, takav čvor je posebno „vidljiv“ drugim čvorovima unutar grafa. Entitet koji je predstavljen takvim čvorom predstavlja središte društvene mreže, po čemu je ovaj parametar i dobio ime. U nastavku će se objasniti mjerenje centralnosti pojedinih čvorova. Međutim, važno je napomenuti kako se slične mjere mogu primijeniti i na grupe čvorova, o čemu je moguće više pronaći u [282].

Postoji nekoliko različitih mjera centralnosti ovisno o tome koje svojstvo čvorova se promatra. U nastavku će biti opisane tri osnovne mjere: centralnost stupnjeva (engl. *degree centrality*,  $C_D$ ), centralnost blizine (engl. *closeness centrality*,  $C_C$ ) te centralnost između čvorova (engl. *betweenness centrality*,  $C_B$ ).

Centralnost stupnjeva čvora  $v_a$  se određuje na temelju omjera vrijednosti stupnja promatranog čvora ( $d(v_a)$ ) i maksimalne vrijednosti koju stupanj čvora može poprimiti ( $d_{max}(v_a) = |\mathcal{V}| - 1$ , budući da čvor može biti povezan sa svim ostalim čvorovima u društvenoj mreži osim sa samim sobom):

$$C_D(v_a) = \frac{d(v_a)}{|\mathcal{V}| - 1}. \quad (4.40)$$

Vrijednosti  $C_D(v_a)$  su uvijek između 0 (za izolirani čvor) i 1 (za čvor koji je povezan sa svim ostalim čvorovima u društvenoj mreži) te ne ovise o broju čvorova u grafu. Čvor s visokom centralnosti stupnja predstavlja središnji element u grafu. Stoga, entiteti koji su predstavljeni takvim čvorovima su ključni entiteti za održavanje aktivnosti u promatranoj društvenoj mreži. S druge strane, entiteti koje u grafu predstavljaju čvorovi s niskom centralnosti stupnja se smatraju neaktivnima u odnosima s drugim članovima promatrane društvene mreže.



Centralnost blizine čvora  $v_a$  opisuje koliko je promatrani čvor „blizu“ ostalim čvorovima u grafu. Središnji ili centralni čvorovi prema ovom parametru su oni s najmanjom udaljenošću do svih ostalih čvorova. Iz takvih čvorova moguće je pristupiti bilo kojem drugom čvoru u mreži posredstvom najmanjeg mogućeg broja drugih čvorova, odnosno, u kontekstu društvene mreže, takvi sudionici mogu doći u kontakt sa svim ostalim članovima mreže posredstvom najmanjeg broja drugih entiteta. Entiteti predstavljeni takvim čvorovima zauzimaju vrlo važno mjesto u društvenoj mreži u odnosu na komunikaciju s ostatkom mreže, budući da će poruka koju oni prošire mrežom najkraćim putem stići do svih ostalih članova (kasnije će biti pokazano kako su ovi čvorovi ključni za ostvarivanje koncepta *viralnog preporučivanja*). Kao pomoćna mjera u određivanju centralnosti blizine koristi se geodetska udaljenost. Povećanjem geodetskih udaljenosti promatranog čvora s ostalim čvorovima u grafu, centralnost promatranog čvora opada. U skladu s ovim, centralnost blizine proporcionalna je recipročnoj vrijednosti zbroja udaljenosti promatranog čvora  $v_a$  sa svim ostalim čvorovima u grafu  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ :

$$C_c(v_a) \propto \frac{1}{\sum_{v_b \in (\mathcal{V} \setminus v_a)} gd(v_a, v_b)}. \quad (4.41)$$

Budući da vrijednosti  $C_c(v_a)$  ovise o broju čvorova u grafu ( $|\mathcal{V}|$ ), a kako bi se omogućila usporedba vrijednosti centralnosti blizine iz jednog grafa s vrijednostima dobivenima iz drugih grafova, potrebno je ukloniti iz izračuna ovisnost mogućih vrijednosti o broju čvorova u grafu (odnosno, potrebno je normalizirati izraz za izračun centralnosti blizine). Cilj je ponovo postići raspon vrijednosti između 0 i 1 te se to ostvaruje korištenjem izraza:

$$C_c(v_a) = \frac{|\mathcal{V}| - 1}{\sum_{v_b \in (\mathcal{V} \setminus v_a)} gd(v_a, v_b)}, \quad (4.42)$$

budući da je minimalna moguća vrijednost izraza  $\sum_{v_b \in (\mathcal{V} \setminus v_a)} gd(v_a, v_b)$ , koja je ostvarena ako je čvor  $v_a$  izravno povezan sa svim ostalim čvorovima u mreži, jednaka  $|\mathcal{V}| - 1$ . Na ovaj način entitet će imati maksimalnu vrijednost centralnosti blizine, jednaku 1, samo onda ako je izravnom vezom povezan sa svim ostalim entitetima u društvenoj mreži.

Centralnost između čvorova je mjera koja govori o tome između koliko se parova čvorova promatrani čvor nalazi – promatrani čvor će imati visoku centralnost između čvorova ukoliko se nalazi na što više geodetskih udaljenosti između različitih parova čvorova u grafu. Za čvor  $v_a$ , centralnost između čvorova je proporcionalna zbroju omjera broja geodetskih udaljenosti između parova čvorova  $v_j$  i  $v_k$  koje uključuju čvor  $v_a$  (označenog s  $\langle gd(v_j, v_k) \rangle_{v_a}$ ) i ukupnog broja geodetskih udaljenosti između parova čvorova  $v_j$  i  $v_k$  (označenog s  $\langle gd(v_j, v_k) \rangle$ ), za sve moguće parove čvorova u grafu  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$  koji ne sadrže čvor  $v_a$ :

$$C_B(v_a) \propto \sum_{v_j \neq v_a \neq v_k \in \mathcal{V}} \frac{\langle gd(v_j, v_k) \rangle_{v_a}}{\langle gd(v_j, v_k) \rangle}. \quad (4.43)$$

Omjer  $\frac{\langle gd(v_j, v_k) \rangle_{v_a}}{\langle gd(v_j, v_k) \rangle}$  predstavlja vjerojatnost da se komunikacija između čvorova  $v_j$  i  $v_k$  odvija preko čvora  $v_a$ , uz pretpostavku da se za komunikaciju koriste najkraće udaljenosti između para čvorova. Najveća vrijednost koju je moguće dobiti kao rezultat Izraza (4.43) iznosi  $\frac{(|\mathcal{V}|-1) \times (|\mathcal{V}|-2)}{2}$  te je jednaka broju mogućih neuređenih parova čvorova u grafu s  $|\mathcal{V}|$  čvorova, a koji ne sadrže sam promatrani čvor  $v_a$ . S obzirom da rezultat Izraza (4.43) ponovo ovisi o broju čvorova u grafu, normalizirani izraz za centralnost između čvorova koji daje vrijednosti između 0 i 1 je:

$$C_B(v_a) = \frac{\sum_{v_j \neq v_a \neq v_k \in \mathcal{V}} \frac{\langle gd(v_j, v_k) \rangle_{v_a}}{\langle gd(v_j, v_k) \rangle}}{\frac{(|\mathcal{V}|-1) \times (|\mathcal{V}|-2)}{2}}. \quad (4.44)$$

Do sada opisane mjere centralnosti vrijede za neusmjerene grafove, a mogu se primijeniti i na usmjerene grafove. Centralnost stupnja se kod usmjerenih grafova razdvaja na dva parametra: centralnost ulaznog stupnja (engl. *in-degree centrality*) i centralnost izlaznog stupnja (engl. *out-degree centrality*) te se računa prema Izrazu (4.40). Izraz za centralnost blizine u usmjerenim grafovima se također računa na temelju Izraza (4.42). Ipak, kod računanja centralnosti među čvorovima u usmjerenim grafovima, prilikom normalizacije Izraza (4.43), treba imati na umu da je najveća vrijednost koju je moguće dobiti kao rezultat Izraza (4.43) jednaka  $(|\mathcal{V}|-1) \times (|\mathcal{V}|-2)$ , budući da sada promatramo uređene parove čvorova.

#### 4.3.2.2 Prestiž

Za razliku od centralnosti koja odražava sklonost pojedinca za povezivanje s drugim sudionicima, prestiž određuje koliko često pojedini entitet „biraju“ drugi entiteti. Osnovna mjera prestiža pojedinog čvora se računa na temelju ulaznog stupnja čvora. Ova vrsta prestiža naziva se prestiž stupnja (engl. *degree prestige*,  $P_D$ ) i za čvor  $v_a$  u grafu  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$  određena je kao:

$$P_D(v_a) \propto d_I(v_a). \quad (4.45)$$

Čvorovi koji imaju visoku vrijednost ove vrste prestiža su primatelji više veza nego čvorovi s niskom vrijednosti. Kao i kod prethodno opisanih mjera za centralnost, rezultat Izraza (4.45) ovisi o broju čvorova u grafu te je najveća vrijednost koju može poprimiti jednak  $d_{I_{max}}(v_a) = |\mathcal{V}| - 1$ , u slučaju da je promatrani čvor primatelj veza od svih ostalih čvorova u mreži.

Normalizirani izraz za računanje prestiža stupnja čvora  $v_a$  koji daje vrijednosti u rasponu  $[0, 1]$  je, dakle, jednak:

$$P_D(v_a) = \frac{d_I(v_a)}{|\mathcal{V}| - 1}. \quad (4.46)$$

Ovako definiran prestiž u obzir uzima samo susjedne čvorove, odnosno čvorove s kojima je promatrani čvor  $v_a$  izravno povezan. Moguće je proširiti mjeru prestiža tako da uključuje sve čvorove grafa iz kojih je moguće doći do promatranog čvora  $v_a$ . Svi takvi čvorovi nalaze se u domeni utjecaja (engl. *influence domain*) čvora  $v_a$ , a skup svih takvih čvorova označavamo s  $\mathcal{V}_{ID} \subseteq (\mathcal{V} \setminus v_a)$ . Mjera prestiža koja pokazuje koliko su drugi čvorovi u domeni utjecaja bliski promatranom čvoru  $v_a$  naziva se prestiž blizine (engl. *proximity prestige*,  $P_P$ ). Prestiž blizine je obrnuto proporcionalan prosječnoj udaljenosti čvorova u domeni utjecaja i promatranog čvora  $v_a$ :

$$P_P(v_a) \propto \frac{1}{\frac{\sum_{v_b \in \mathcal{V}_{ID}} gd(v_b, v_a)}{|\mathcal{V}_{ID}|}}, \quad (4.47)$$

gdje  $|\mathcal{V}_{ID}|$  predstavlja broj čvorova koji se nalaze u domeni utjecaja čvora  $v_a$  te se samo njihove udaljenosti uključuju u zbroj ( $gd(v_b, v_a)$  predstavlja udaljenost od čvora  $v_b$  do čvora  $v_a$ ). Da bi se dobio normalizirani izraz za izračunavanje prestiža blizine izraz (4.47) se mora pomoći s relativnom veličinom skupa  $\mathcal{V}_{ID}$  (koji najmanje može biti prazan, a najviše može imati sve članove iz skupa  $(\mathcal{V} \setminus v_a)$ ):

$$P_P(v_a) = \frac{\frac{|\mathcal{V}_{ID}|}{|\mathcal{V}| - 1}}{\frac{\sum_{v_b \in \mathcal{V}_{ID}} gd(v_b, v_a)}{|\mathcal{V}_{ID}|}} = \frac{|\mathcal{V}_{ID}|^2}{(|\mathcal{V}| - 1) \times \sum_{v_b \in \mathcal{V}_{ID}} gd(v_b, v_a)}. \quad (4.48)$$

Mjera prestiža blizine po svojim svojstvima je slična centralnosti blizine – što su čvorovi u domeni utjecaja bliži promatranom čvoru  $v_a$  to je njegov prestiž veći. Tako će vrijediti  $P_P(v_a) = 0$  ako je čvor  $v_a$  nedostupan, dok će biti  $P_P(v_a) = 1$  ukoliko su svi čvorovi izravno spojeni s čvorom  $v_a$ .

S obzirom da su prestiž i centralnost slične mjere, no mjere različite odnose, obično se u analizi društvenih mreža određuju vrijednosti oba parametra. Potrebno je naglasiti kako značenje prestiža u okviru analize društvene mreže nije nužno jednako značenju u stvarnom svijetu. Dok u stvarnom svijetu prestiž označava pozitivnu pozornost, u okvirima društvene mreže interpretacija prestiža značajno ovisi o vrsti veze koja se promatra. Ukoliko se određuje prestiž

pojedinih entiteta za vezu „ne voli“ tada prestiž pojedinog entiteta ne pokazuje stupanj popularnosti tog entiteta, već upravo suprotno – njegove nepopularnosti.

#### 4.3.2.3 Tranzitivnost

U brojnim stvarnim društvenim mrežama, ako je čvor  $v_a$  povezan sa čvorom  $v_b$  i čvor  $v_b$  je povezan s čvorom  $v_c$ , postoji velika vjerojatnost da je čvor  $v_a$  također povezan s čvorom  $v_c$ . Ovo svojstvo u okviru društvenih mreža može se opisati kao „prijatelj mog prijatelja je i moj prijatelj“ i naziva se tranzitivnost (engl. *transitivity*).

Tranzitivnost grafa grafu  $G = (V, E)$  očituje se u povećanom broju trokuta (trojki međusobno povezanih čvorova) te se može odrediti korištenjem koeficijenta grupiranja (engl. *clustering coefficient, C*):

$$C(G) = \frac{\Delta(G)}{\frac{\Delta_{max}(G)}{3}}, \quad (4.49)$$

gdje  $\Delta(G)$  označava broj trokuta u grafu  $G$ , dok  $\Delta_{max}(G)$  označava maksimalni broj povezanih trojki u grafu  $G$  (povezana trojka predstavlja čvor povezan s neuređenim parom čvorova – na taj način se isti trokut broji 3 puta). Prema Izrazu (4.49) koeficijent  $C(G)$  određuje omjer postojećih trokuta i maksimalnog mogućeg broja trokuta u grafu  $G$  te predstavlja srednju vjerojatnost da će dva čvora, koja su susjedna nekom trećem čvoru, biti međusobno susjedna. U literaturi se ovaj koeficijent često naziva i indeks tranzitivnosti (engl. *transitivity index*). Vrijednost indeksa tranzitivnosti za stvarne društvene mreže je najčešće između 0.3 i 0.6.

#### 4.3.3 Grupiranje članova društvene mreže

Grupiranje članova društvene mreže (engl. *clustering*) u skupine koje karakterizira visoka razina sličnosti je već duže vrijeme popularno područje istraživanja, tako da postoji razvijeno nekoliko različitih mehanizama grupiranja od kojih svaki ima svoje prednosti i nedostatke [283][284]. Najpoznatiji među njima su mehanizmi koji koriste hijerarhijski pristup (engl. *hierarchical-based clustering*) te mehanizmi zasnovani na particijama (engl. *partition-based clustering*).<sup>85</sup> Vrlo bitan dio svakog mehanizma grupiranja je definiranje metrike kojom se označava razina sličnosti između članova društvene mreže, a osim tradicionalnih pristupa zasnovanih na različitim varijacijama Minkowski-metrike [285][286] postoje i mehanizmi koji se oslanjaju na semantičke tehnologije [287].

<sup>85</sup> Uvod u problematiku grupiranja i primjeri algoritama mogu se pronaći iza poveznice [http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial\\_html/index.html](http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/index.html).

#### 4.3.3.1 Pristupi grupiranju

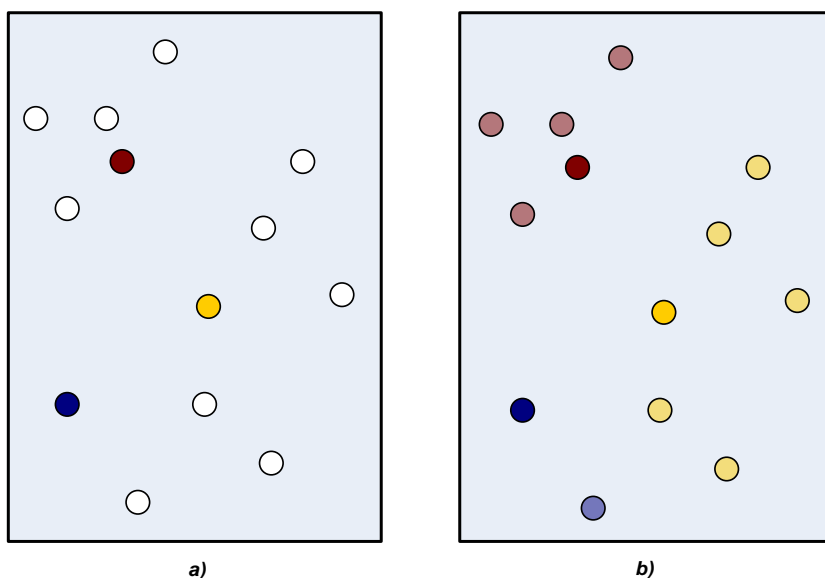
Mehanizmi koji koriste hijerarhijski pristup započinju proces grupiranja gradeći binarnu hijerarhiju skupina.<sup>86</sup> Ovi mehanizmi se nadalje mogu podijeliti u dvije skupine – hijerarhijsko grupiranje gomilanjem (engl. *hierarchical-based agglomerative clustering*, HAC) i hijerarhijsko grupiranje dijeljenjem (engl. *hierarchical-based divisive clustering*, HDC), a koji se razlikuju po tome je li primijenjen pristup gradnje stabla s njegova vrha (engl. *top-down*) ili pristup gradnje stabla iz korijena (engl. *bottom-up*). Tako hijerarhijsko grupiranje gomilanjem koristi pristup gradnje stabla s njegova vrha, započinjući proces grupiranja s brojem skupina jednakim broju članova u društvenoj mreži (u svakoj skupini je po jedan član). Zatim, na temelju sličnosti među skupinama, dvije najbližnije skupine se spajaju u novu. Taj proces se iterativno ponavlja ili sve dok na kraju ne ostane samo jedna skupina u kojoj su svi članovi promatrane društvene mreže (tzv. korijen stabla) ili dok se ne dosegne unaprijed definirani uvjet prekida (engl. *termination condition*, npr. sličnost među preostalim skupinama je manja od unaprijed definiranog praga). Načelo hijerarhijskog grupiranja dijeljenjem je upravo suprotno – ono koristi pristup gradnje stabla iz korijena, započinjući proces grupiranja sa svim članovima promatrane društvene smještenima u istu skupinu. Ta skupina se zatim dijeli na dvije najviše različite skupine. Taj proces se iterativno ponavlja bilo dok svaki član društvene mreže ne bude smješten u zasebnu skupinu ili dok se ne dosegne unaprijed definirani uvjet prekida (npr. sličnost među svim stvorenim skupinama je veća od unaprijed definiranog praga). Negativna strana mehanizama za grupiranje zasnovanih na hijerarhijskom pristupu jest činjenica da su računski mnogo zahtjevniji od mehanizama zasnovanih na particijama.

Najpoznatije implementacije unutar skupine mehanizama zasnovanih na particijama su algoritmi *K-Means* te *PAM (Partitioning Around Medoids)*. Njihova osnovna ideja jest podijeliti skup članova društvene mreže u nekoliko neprekrivajućih skupina. Mehanizmi grupiranja zasnovani na particijama stvaraju inicijalnu podjelu društvene mreže ovisno o zadanom broju skupina koji se očekuje kao rezultat procesa podjele te nakon toga iterativno pokušavaju popraviti podjelu razmjenjujući članove društvene mreže između tako definiranih skupina. Na primjeru društvene mreže koja sadrži deset članova ( $|\mathcal{V}| = 10$ ) koje želimo grupirati u tri skupine ( $k = 3$ ) bit će objašnjeno načelo rada algoritma *K-Means*. Algoritam kao ulazne podatke uzima koordinate koje reflektiraju međusobne sličnosti članova društvene mreže. U promatranom slučaju deset članova društvene mreže je prikazano točkama u 2D-koordinatnom sustavu (Sl. 4.10.a), s tim da se „sličniji“ članovi nalaze „bliže“ jedan drugome. Algoritam *K-Means* u svom prvom koraku slučajno odabire početne položaje za  $k$  centroida<sup>87</sup>, gdje mora vrijediti  $k \leq |\mathcal{V}|$  (što je u promatranom slučaju zadovoljeno). Na Sl. 4.10.a slučajno su

<sup>86</sup> Mehanizmi koji koriste hijerarhijski pristup grade strukturu koja se u teoriji grafova naziva stablo (engl. *tree*).

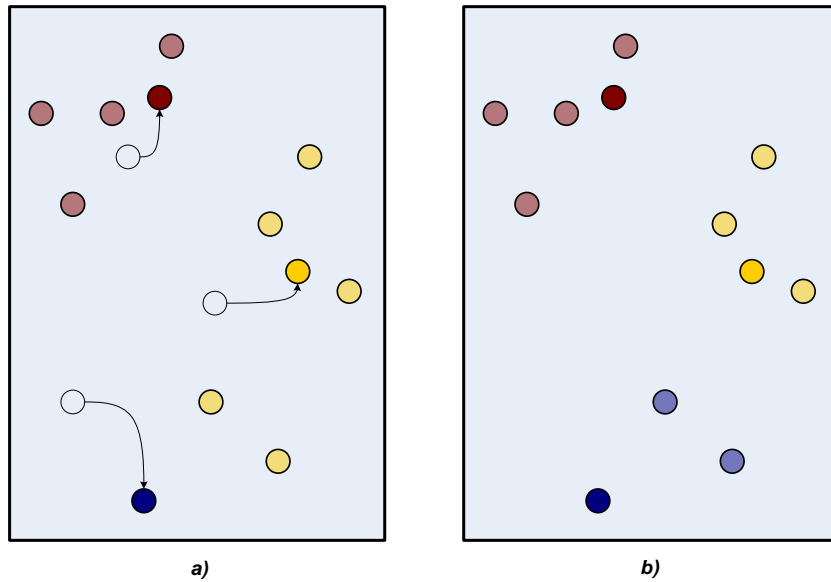
<sup>87</sup> Centroide su središnje točke oko kojih se stvaraju skupine.

raspoređene tri centroide predstavljene različitim bojama. Sljedeći korak unutar jedne iteracije algoritma jest pronaći najbližu centroidu za svakog člana društvene mreže (odnosno njemu pripadajuću točku u koordinatnom sustavu) i upamtiti raspored članova po skupinama. Na Sl. 4.10.b) prikazana je početna distribucija članova promatrane društvene mreže.



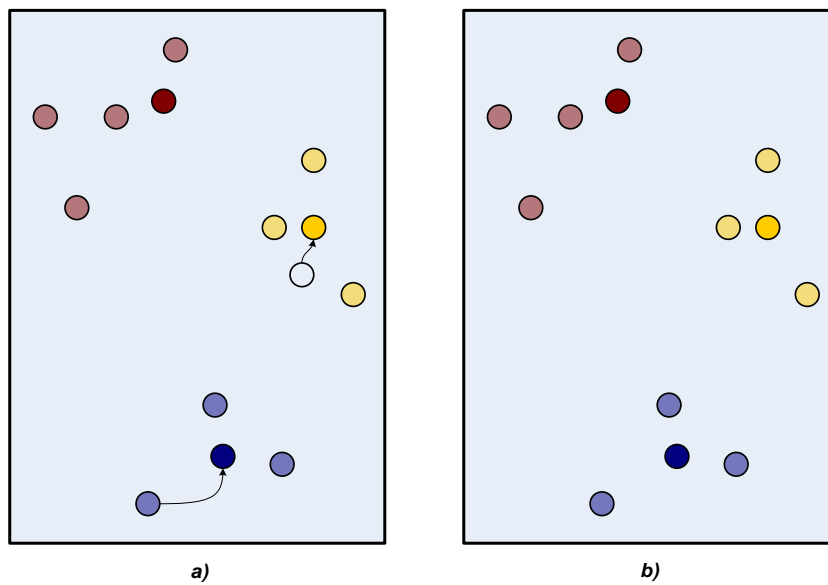
Sl. 4.10. Prvi korak algoritma *K-Means*

Nakon što su svi članovi pridijeljeni u jednu od skupina definiranih centroidama, prije završetka iteracije potrebno je izračunati novu lokaciju za svaku centroidu. Nove koordinate na koje je potrebno pomaknuti svaku centroidu računaju se kao aritmetička sredina koordinata svih točaka koje pripadaju skupini definiranoj tom centroidom. Na Sl. 4.11.a) prikazano je kako se centroide pomiču prema središtu pripadajuće skupine točaka (koje predstavljaju članove društvene mreže). Nakon što je pomak centroida izvršen, prelazi se na novu iteraciju algoritma *K-Means* te se opet za svaku točku traži najbliža centroidu. Može se primijetiti kako nakon pomaka dolazi do promjene skupina za dvije točke koje predstavljaju članove u promatranoj društvenoj mreži Sl. 4.11.b).



Sl. 4.11. Drugi korak algoritma *K-Means*

Već opisani postupak se ponavlja i opet se računa nova lokacija centroida kako bi se one našle u središtu skupine pripadajućih točaka. Na Sl. 4.12.a) i Sl. 4.12.b) prikazan je treći, a ujedno i posljednji korak algoritma *K-Means* za promatrani skup točaka te inicijalnu distribuciju centroida definiranu sa Sl. 4.10.a). Kada u iteraciji algoritma ne dolazi ni do jedne promjene među članstvom svih skupina, odnosno svaka točka ostaje dodijeljena centroidi iz prošle iteracije, algoritam *K-Means* završava s izvođenjem.



Sl. 4.12. Treći korak algoritma *K-Means*

Budući da je algoritam *K-Means* računski mnogo manje zahtjevan od mehanizama zasnovanih na particijama, izabran je za grupiranje članova društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga.

#### 4.3.3.2 Grupiranje članova u implicitnoj društvenoj mreži korisnika usluga

Grupiranje članova u implicitnoj društvenoj mreži korisnika telekomunikacijskih usluga predstavlja jedan od mehanizama za analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga (*ADM*). Preciznije, navedeni mehanizam formalno se definira kao funkcija  $adm_{\mathcal{C}}$  koja za argumente uzima društvenu mrežu predstavljenu grafom  $\mathcal{G}$  i kao rezultat vraća skup skupina korisnika  $\mathcal{C}$ :

$$adm_{\mathcal{C}}(\mathcal{G}): (\mathcal{V}, \mathcal{E}) \rightarrow \mathcal{C}, \quad (4.50)$$

gdje je skup skupina korisnika  $\mathcal{C}$  definiran kao

$$\mathcal{C} = \{\mathcal{V}_{\mathcal{C}_1}, \mathcal{V}_{\mathcal{C}_2}, \dots, \mathcal{V}_{\mathcal{C}_{|\mathcal{C}|}}\}, \quad (4.51)$$

a pritom vrijedi

$$\bigcup_{\mathcal{V}_{\mathcal{C}_a} \in \mathcal{C}} \mathcal{V}_{\mathcal{C}_a} = \mathcal{V}, \quad (4.52)$$

te

$$\forall (\mathcal{V}_{\mathcal{C}_a}, \mathcal{V}_{\mathcal{C}_b}) \mid \mathcal{V}_{\mathcal{C}_a} \cap \mathcal{V}_{\mathcal{C}_b} = \emptyset \quad (\text{skupovi } \mathcal{V}_{\mathcal{C}_a} \text{ i } \mathcal{V}_{\mathcal{C}_b} \text{ su međusobno disjunktne}). \quad (4.53)$$

Međutim, kako i algoritam *K-Means* ima neke nedostatke, potrebno je napraviti nadogradnje osnovnog algoritma *K-Means* s ciljem smanjivanja utjecaja tih nedostataka. Konačno rješenje se temelji na kombinaciji višestrukog izvođenja algoritma *K-Means* [288] te konstruktivnog algoritma za analizu grupiranja<sup>88</sup> [289], s tim da je za transformaciju izlaznih podataka iz mehanizma *adm* u oblik pogodan za obradu algoritmom *K-Means* korišteno višedimenzijско skaliranje<sup>89</sup> [290].

<sup>88</sup> Konstruktivni algoritam za analizu grupiranja (engl. *constructive clustering analysis algorithm*) ispituje kvalitetu raspodjele članova po skupinama. Koristi se za određivanje optimalnog broja skupina za dani skup korisničkih profila.

<sup>89</sup> Višedimenzijско skaliranje koristi se za dobivanje koordinata entiteta u  $n$ -dimenzijском prostoru iz njihovih relativnih udaljenosti.



Jedan od nedostataka algoritma *K-Means* je slučajan odabir početnih koordinata centroida – u nekim slučajevima može se dogoditi da zbog stohastičke prirode algoritma *K-Means* konačan rezultat ne bude optimalan. Uz to, postoji nekoliko specifičnih početnih položaja koji rezultiraju pogrešnim grupiranjem. Iz tih razloga u implementaciji algoritma koristi se rješenje koje nekoliko puta ponavlja izvođenje algoritma *K-Means* te se odabire najčešći raspored članova društvene mreže po skupinama.<sup>90</sup>

Drugi nedostatak algoritma *K-Means* je činjenica da se unaprijed mora zadati broj skupina na koje se želi podijeliti članove neke društvene mreže. Budući da optimalan broj skupina ovisi i o ukupnom broju članova u društvenoj mreži i o sličnostima među njima, takvo predefiniranje broja skupina vrlo često dovodi do neoptimalnih raspodjela članova u skupine prilikom korištenja algoritma *K-Means* za grupiranje. Rješenje za ovaj problem je nadogradnja algoritma *K-Means* s konstruktivnim algoritmom za analizu grupiranja. Konstruktivni algoritam za analizu grupiranja se zasniva na modelu *siluetne mjere*. Siluetna mjera omogućava izračun kvalitete raspodjele članova društvene mreže po skupinama. Prije nego se predstavi sam izraz za izračun siluetne mjere čvora  $v_a$  (*silhouette* ( $v_a$ )), slijedi definicija pojmova korištenih u pseudokodu:

- korisnik  $k_a$  definiran u društvenoj mreži čvorom  $v_a$  pripada skupini  $\mathcal{V}_{c_i} \subseteq \mathcal{C}$ ;
- $dst_{\mathcal{V}_{c_i}}(v_a)$  je prosječna udaljenost čvora  $v_a$  od svih ostalih čvorova u skupini  $\mathcal{V}_{c_i}$ ;
- $dst_{\mathcal{V}_{c_j}}(v_a) \mid j \neq i$  je prosječna udaljenost čvora  $v_a$  od svih ostalih čvorova u skupini  $\mathcal{V}_{c_j}$ , koja je različita od skupine  $\mathcal{V}_{c_i}$ ;
- $dst_{\mathcal{V}_{c_{min}}}(v_a)$  je definiran kao  $\min(dst_{\mathcal{V}_{c_j}}(v_a) \mid \forall j \neq i)$ , a pritom se skupina  $\mathcal{V}_{c_{min}}$  naziva susjedna skupina čvoru  $v_a$ .

Siluetna mjera čvora  $v_a$  (*silhouette* ( $v_a$ )) računa se prema izrazu:

$$silhouette(v_a) = \begin{cases} 1 - \frac{dst_{\mathcal{V}_{c_i}}(v_a)}{dst_{\mathcal{V}_{c_{min}}}(v_a)}, & \text{ako je } dst_{\mathcal{V}_{c_i}}(v_a) < dst_{\mathcal{V}_{c_{min}}}(v_a) \\ 0, & \text{ako je } dst_{\mathcal{V}_{c_i}}(v_a) = dst_{\mathcal{V}_{c_{min}}}(v_a) \text{ ili } |\mathcal{V}_{c_i}| = 1. \\ \frac{dst_{\mathcal{V}_{c_{min}}}(v_a)}{dst_{\mathcal{V}_{c_i}}(v_a)} - 1, & \text{ako je } dst_{\mathcal{V}_{c_i}}(v_a) > dst_{\mathcal{V}_{c_{min}}}(v_a) \end{cases} \quad (4.54)$$

Veličina *silhouette* ( $v_a$ ) mjeri koliko dobro čvoru  $v_a$  odgovara skupina u koju je trenutno smješten. Vrijednosti koje siluetna mjera može porimiti su *silhouette* ( $v_a$ )  $\in [-1, 1]$ . Ako je

<sup>90</sup> Budući da je algoritam *K-Means* računalno puno manje zahtjevan od, primjerice, hijerarhijskog grupiranja, tada ovo višestruko ponavljanje algoritma zbog veće konačne kvalitete rezultata ne utječe značajnije na vremensku efikasnost mehanizma. U simulacijama vezanim uz disertaciju algoritam *K-Means* ponavljao se 5 puta.

$silhouette(v_a) \approx 1$  onda znači da je čvor  $v_a$  dobro klasificiran. S druge strane, ako je  $silhouette(v_a) \approx -1$  onda bi bilo prirodnije čvor  $v_a$  prebaciti iz skupine  $\mathcal{V}_{c_i}$  u skupinu  $\mathcal{V}_{c_{min}}$ , odnosno iz trenutne u susjednu skupinu.

Siluetna mjera  $silhouette(v_a)$  se izračunava za svaki čvor  $v_a \in \mathcal{V}$ . Prosječna vrijednost siluetnih mjera za sve članove društvene mreže naziva se *prosječna širina siluete* za određeni  $k$  (Izraz (4.55)) i označava se sa  $silhouette(c^k)$ . Prilikom izvođenja nadograđenog algoritma *K-Means* s konstruktivnim algoritmom za analizu grupiranja,  $k$  poprima sve vrijednosti iz intervala  $k \in [2, \dots, |\mathcal{V}| - 1]$ , a optimalni broj skupina za promatranu društvenu mrežu je onaj  $k$  za koji se postiže maksimalni  $silhouette(c^k)$ :

$$silhouette(c^k) = \frac{\sum_{v_a \in \mathcal{V}} silhouette(v_a)}{|\mathcal{V}|} \quad (4.55)$$

Ovakva iterativna implementacija algoritma *K-Means*, kojom se izračunava i procjenjuje kvaliteta grupiranja članova promatrane društvene mreže za sve moguće brojeve skupina, garantira optimalno rješenje žrtvujući pritom brzinu izvođenja. Ipak, eksperimenti u laboratorijskom okruženju su pokazali da se čitavo izvršavanje grupiranja članova u implicitnoj društvenoj mreži korisnika telekomunikacijskih usluga, ako se koristi mehanizam  $adm_c$  implementiran kao algoritam *K-Means* nadograđen s konstruktivnim algoritmom za analizu grupiranja, završi u nekoliko sekundi (testirane društvene mreže su brojale do nekoliko stotina članova).

Posljednja poteškoća koju je još potrebno riješiti prije nego što se može predloženi nadograđeni algoritam *K-Means* koristiti kao implementacija mehanizma  $adm_c$  jest transformacija izlaza iz mehanizma  $idm$  (dakle, grafa koji predstavlja društvenu mrežu) u skup točaka u dvodimenzionalnom prostoru (kako trebaju biti formatirani ulazni podaci za algoritam *K-Means*). Mehanizam pomoću kojega se ta transformacija ostvaruje jest algoritam višedimenzijskog skaliranja, ali i za njega je potrebno prilagoditi ulazne podatke. Preciznije, potrebno je graf  $\mathcal{G}_{dm}$ , koji je rezultat izvršavanja mehanizma  $idm$  i predstavlja društvenu mrežu korisnika telekomunikacijskih usluga, transformirati u matricu udaljenosti među članovima društvene mreže  $[mat]_{dst}$ , koja predstavlja ulaz u algoritam višedimenzijskog skaliranja:

$$[[mat]_{dst}]_{i,j} = \begin{cases} [\mathcal{G}_{dm}]_{i,j} & , \text{ ako je } i = j \\ 1 - [\mathcal{G}_{dm}]_{i,j} & , \text{ ako je } i \neq j \end{cases}, \forall (i,j). \quad (4.56)$$

Prijelaz iz matrice međusobnih udaljenosti  $[mat]_{dst, p_{k=10}}$  u 2D-koordinate postiže se algoritmom višedimenzijskog skaliranja, koji započinje proizvoljnim odabirom lokacija za svakog člana promatrane društvene mreže, a zatim se iterativno za svakog člana računa koliko ga treba pomaknuti u odnosu na sve preostale članove (tj. točke u 2D-koordinatnom sustavu). Nakon

što su izračunate vrijednosti pomaka za sve članove, računa se ukupna pogreška na razini društvene mreže kao ukupno odstupanje svih točaka od ciljanih lokacija u koordinatnom sustavu. Kada je tako izračunato odstupanje manje od unaprijed definiranog praga, ili ako je dosegnuta minimalna moguća pogreška, algoritam višedimenzijskog skaliranja izlazi iz petlje te vraća 2D-koordinate  $[kord]_{dst}$  za sve članove promatrane društvene mreže<sup>91</sup>, koje sada predstavljaju ulaz u algoritam *K-Means*.

#### 4.3.4 Programska podrška za analizu društvenih mreža

Podrška za analizu društvenih mreža [291] obuhvaća komercijalne i besplatne alate. U pregled nisu uključeni programi koji su namijenjeni isključivo vizualizaciji društvene mreže, već oni koji omogućuju i njenu analizu. *Pajek*, *UCINET* i *NetMiner* su najpopularniji alati opće namjene, dok su *MultiNet* i *StOCNET* alati s posebnim mogućnostima koje je vrijedno spomenuti i opisati, dok su *JUNG* i *yFiles* Javini paketi koji omogućavaju proširivanje Java aplikacija sa SNA-mehanizmima.

*Pajek*<sup>92</sup> [214][292] je program za analizu i vizualizaciju društvenih mreža, posebno dizajniran za velike skupove podataka. Glavni ciljevi prilikom dizajna *Pajek*-a bili su:

- olakšati redukciju velike društvene mreže u nekoliko manjih mreža na koje se mogu primijeniti sofisticiranije SNA-metode;
- omogućiti korisniku napredne alate za vizualizaciju društvenih mreža;
- implementirati odabrane mrežne algoritme.

Program se može besplatno dohvatiti i njegovi razvijatelji ga kontinuirano unapređuju. *Pajek* može raditi s više mreža simultano, kao i s mrežama temeljenim na bipartitnim grafovima te mrežama vremena i događaja koje obuhvaćaju evoluciju društvenih mreža u vremenu. Jedna od glavnih prednosti *Pajeka* je mogućnost analize velikih mreža, s više od milijun čvorova. Budući da je teško u cjelini vizualizirati takve velike mreže, *Pajek* izdvaja substrukture koje imaju određeno značenje i njih vizualizira zasebno.

*UCINET*<sup>93</sup> je najpoznatiji i najviše korišten komercijalan alat za analizu društvenih mreža, a glavna prednost mu je brzina izvođenja analiza. Prilikom razvoja alata posebna je pažnja

<sup>91</sup> U sklopu implementiranog algoritma višedimenzijskog skaliranja moguće je podesiti parametre koji utječu na brzinu izvođenja i preciznost algoritma. Manji koeficijent za pomak točke u jednoj iteraciji će rezultirati preciznijom lokacijom točke koja predstavlja jednog člana društvene mreže, ali će usporiti izvršavanje algoritma. Također je moguće upravljati maksimalnim brojem iteracija kroz koje algoritam prolazi.

<sup>92</sup> <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>

<sup>93</sup> <http://www.analytictech.com/ucinet/>

posvećena na mogućnost interoperabilnosti s ostalim popularnim SNA-alatima (npr. *Pajekom*), odnosno alatima za vizualizaciju društvenih mreža (*Mage* i *NetDraw*).

*NetMiner*<sup>94</sup> je alat koji se temelji na kombinaciji SNA-metoda s tehnikama vizualnog istraživanja. Omogućuje korisnicima vizualno i interaktivno istraživanje društvenih mreža te na taj način pomaže u otkrivanju temeljnih struktura i obrazaca unutar mreža. Ovisno o potrebama krajnjeg korisnika dostupne su različite inačice programa – od osnovne koja je ograničena na samo stotinu čvorova do najnaprednije koja može analizirati društvene mreže sastavljene od milijun čvorova.

*MultiNet*<sup>95</sup> je program prikladan za analizu velikih podatkovnih skupova te distribuiranih mrežnih podataka. Program je dizajniran za kontekstualnu analizu koja podrazumijeva analizu mrežnih podataka zajedno s atributima čvorova. Osim mogućnosti analize same društvene mreže, program sadrži metode za analizu atributa.

*StOCNET*<sup>96</sup> [293] je programski sustav otvorenog koda kojem je namjena napredna statistička analiza društvenih mreža. Ovaj programski sustav predstavlja platformu za brojne ugrađene statističke metode, a omogućuje i jednostavnu implementaciju novih.

*JUNG (Java Universal Network/Graph)*<sup>97</sup> je razvojni okvir pisan u programskom jeziku Java, a omogućuje analizu i vizualizaciju podataka koji se mogu prikazati u obliku grafa ili mreže. *JUNG* podržava različite prikaze grafova (npr. usmjerene i neusmjerene) te implementira algoritme za grupiranje, dekompoziciju, generiranje nasumičnih grafova, statističku analizu i računanje mrežnih udaljenosti te mjera važnosti. Također, *JUNG* nudi vizualizacijski razvojni okvir namijenjen razvoju Java programa za istraživanje društvenih mreža tehnikama vizualnog istraživanja.

Javin paket klasa *yFiles*<sup>98</sup> prvenstveno omogućuje implementaciju učinkovitih vizualizacijskih algoritama namijenjenih za pregledavanje, uređivanje, optimiziranje, razmjешtanje i animiranje grafova. Budući da je pisan u Javi, *yFiles* je posebno pogodan za ugradnju u aplikacije koje moraju biti neovisne o platformi. Nadalje, *yFiles* posjeduje mehanizme za istraživanje i deskriptivnu analizu mreža (npr. biparticije, najkraći putovi te tranzitivnost).

---

<sup>94</sup> <http://www.netminer.com/>

<sup>95</sup> <http://www.sfu.ca/personal/archives/richards/Multinet/Pages/multinet.htm>

<sup>96</sup> <http://stat.gamma.rug.nl/stocnet/>

<sup>97</sup> <http://jung.sourceforge.net/index.html>

<sup>98</sup> [http://www.yworks.com/en/products\\_yfiles\\_about.html](http://www.yworks.com/en/products_yfiles_about.html)

U sklopu disertacije korišten je alat *UCINET* za analizu, te alati *Netdraw* i *NetMiner* za vizualizaciju stvorenih implicitnih društvenih mreža korisnika telekomunikacijskih usluga.

# Poglavlje 5

---

## VIŠEAGENTSKI SUSTAV ZA PRUŽANJE USLUGA ZASNOVAN NA KONCEPTU DRUŠTVENE MREŽE

Spoj tehnologija semantičkog weba i fenomena društvenih mreža nije novost u dijelu istraživačke zajednice koja se bavi razvojem inovativnih usluga u ICT-sektoru, što dokazuje niz istraživanja [294][295][296][297][298][299]. Upravo će u ovom, završnom, poglavlju disertacije biti demonstrirano na koji način se spoj tehnologija semantičkog weba i fenomena društvenog umrežavanja može iskoristiti za pružanje inovativnih usluga u okružju nove generacije mreža. Programska paradigma na kojoj se zasniva predloženo rješenje su programski agenti. Stoga, ovo poglavlje započinje opisom arhitekture i funkcionalnosti implementiranog višeagentskog sustava za pružanje telekomunikacijskih usluga zasnovanog na konceptu društvene mreže, a nastavlja se s dva studijska primjera.

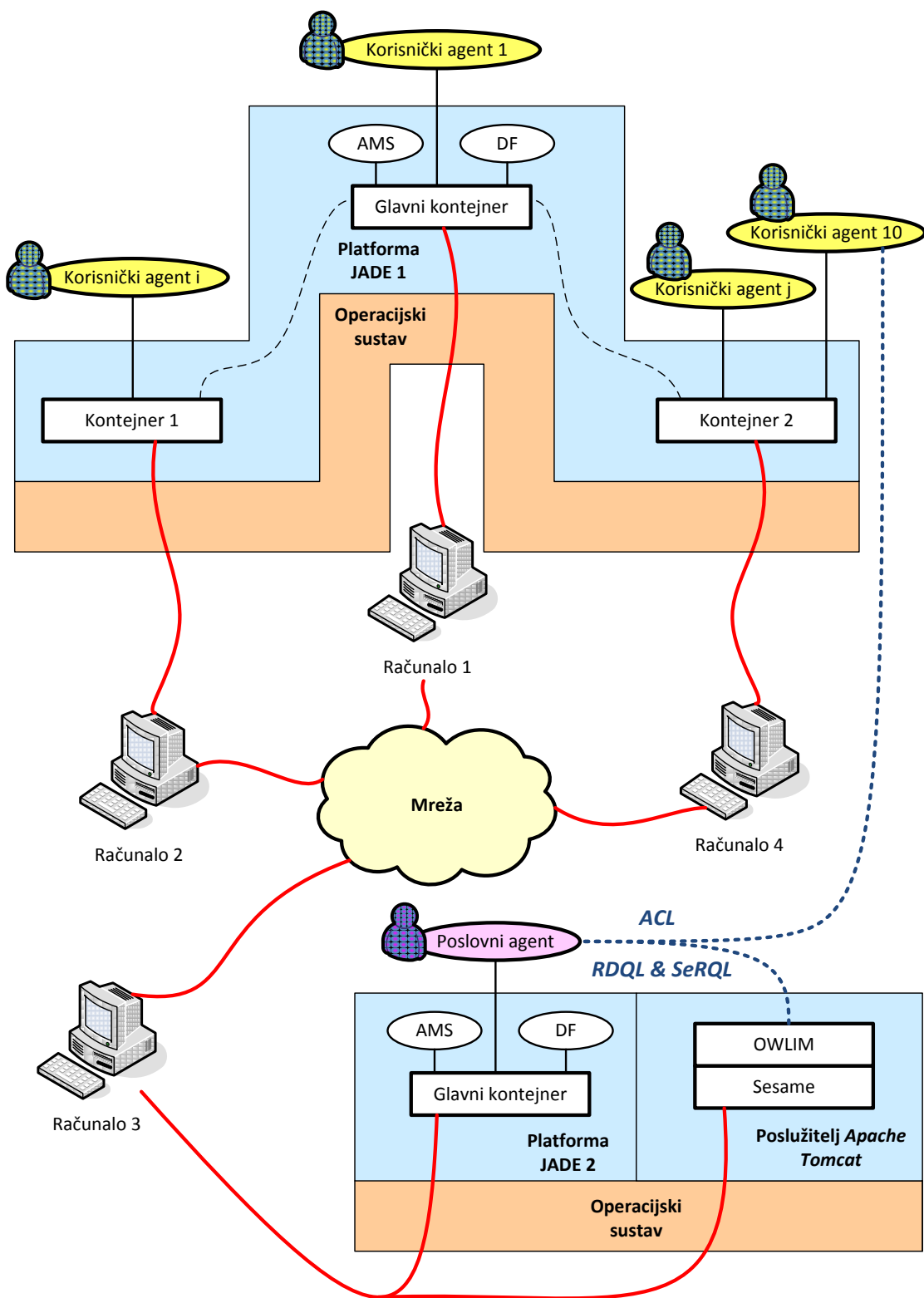
### 5.1 Arhitektura i funkcionalnosti višeagentskog sustava

Arhitektura višeagentskog sustava za pružanje telekomunikacijskih usluga zasnovanog na konceptu društvene mreže prikazana je na Sl. 5.1. Implementacija prikazanog višeagentskog sustava izvedena je koristeći agentsku platformu JADE<sup>99</sup> [300]. Višeagentski sustav sastoji se od dvije vrste programskih agenata: *korisničkih agenata*  $a_{k_i}$  te *poslovnog agenta*  $a_t$ , koji međusobno komuniciraju izmjenom ACL (*Agent Communication Language*) poruka<sup>100</sup>.

---

<sup>99</sup> <http://jade.tilab.com/>

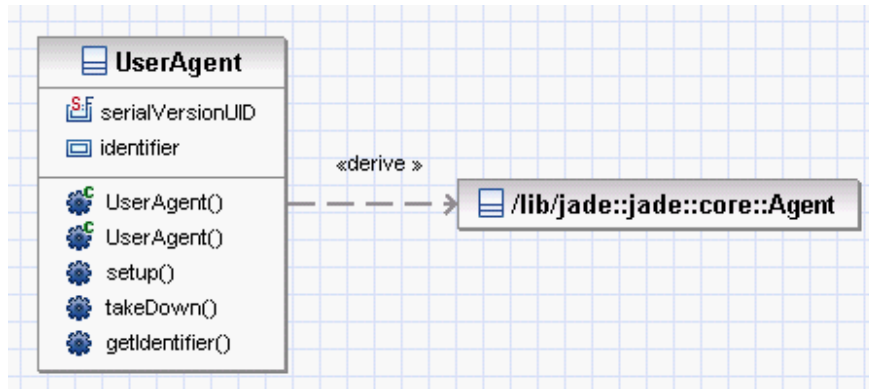
<sup>100</sup> <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>



Sl. 5.1. Arhitektura višegentskog sustava

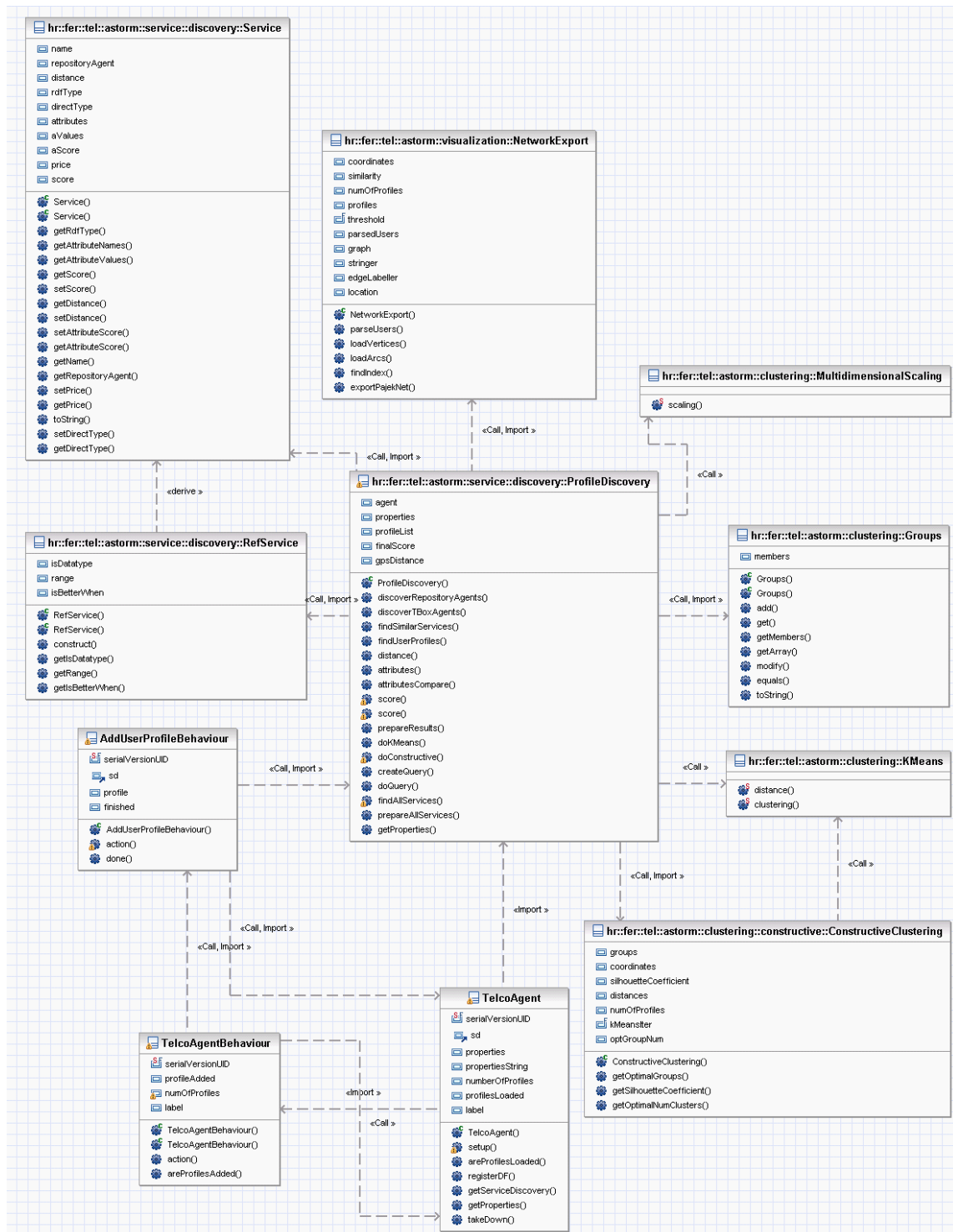
Svaka pokrenuta instanca izvedbene okoline JADE se naziva kontejner i može sadržavati više agenata. Skup svih aktivnih kontejnera naziva se platforma. Unutar platforme uvijek mora biti aktivan glavni kontejner (engl. *main container*) kod kojeg se registriraju svi drugi agenti. Iz toga slijedi da prvi pokrenuti agentski kontejner mora biti glavni kontejner, a svim drugim kontejnerima pri pokretanju mora biti javljeno gdje se nalazi glavni kontejner. Ako se unutar mreže pokrene novi glavni kontejner, različit od već aktivnog, onda on predstavlja novu agentsku platformu JADE kod koje se mogu registrirati drugi kontejneri. Glavni kontejner se od ostalih razlikuje i po tome da se na njemu izvršava sustav upravljanja agentima (engl. *Agent Management System, AMS*), imenik usluga (engl. *Directory Facilitator, DF*) i stvara se registar za poziv udaljenih procedura (engl. *Remote Method Invocation, RMI*). AMS upravlja imenovanjem agenata, brine se da unutar platforme ne postoje dva agenta s istim imenom te se koristi za stvaranje i uništavanje agenata. DF pruža usluge žutih stranica (engl. *yellow pages*).

Korisnik  $k_i$  je u višeagentskom sustavu zastupljen sa svojim programskim agentom  $a_{k_i}$ , koji se naziva korisnički agent. Klasni dijagram korisničkog agenta prikazan je na Sl. 5.2. Pritom svaki korisnički agent  $a_{k_i}$  stvara i održava korisnički profil  $p_{k_i}$  svoga vlasnika. Korisnički profil u višeagentskom sustavu izveden je kao RDF-dokument. Budući da je svaki korisnik  $k_i$  u višeagentskom sustavu zastupljen sa svojim programskim agentom  $a_{k_i}$ , tada u implementiranom višeagentskom sustavu postoji  $|\mathcal{K}|$  korisničkih agenata koji čine skup  $\mathcal{A}_{\mathcal{K}}$ , kako je i definirano Izrazom (2.2).



Sl. 5.2. Dijagram klasa za korisničkog agenta (*UserAgent*)



Sl. 5.3. Dijagram klasa za poslovnog agenta (*TelcoAgent*)

Davatelj usluga  $t$  je u višeagentskom sustavu zastupljen sa svojim programskim agentom  $a_t$ , koji se naziva poslovni agent. Klasni dijagram poslovnog agenta prikazan je na Sl. 5.3. Pritom je u poslovnom agentu implementirana sljedeća funkcionalnost:

- mehanizam za izdvajanje korisničkih profila (*ikp*);
- mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila (*usp*);
- mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika (*idm*);
- mehanizmi za analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga (*ADM*).

Svaki davatelj usluge posjeduje svoj vlastiti neovisni višeagentski sustav za pružanje telekomunikacijskih usluga zasnovano na konceptu društvene mreže, s jednim poslovnim agentom  $a_t$ .

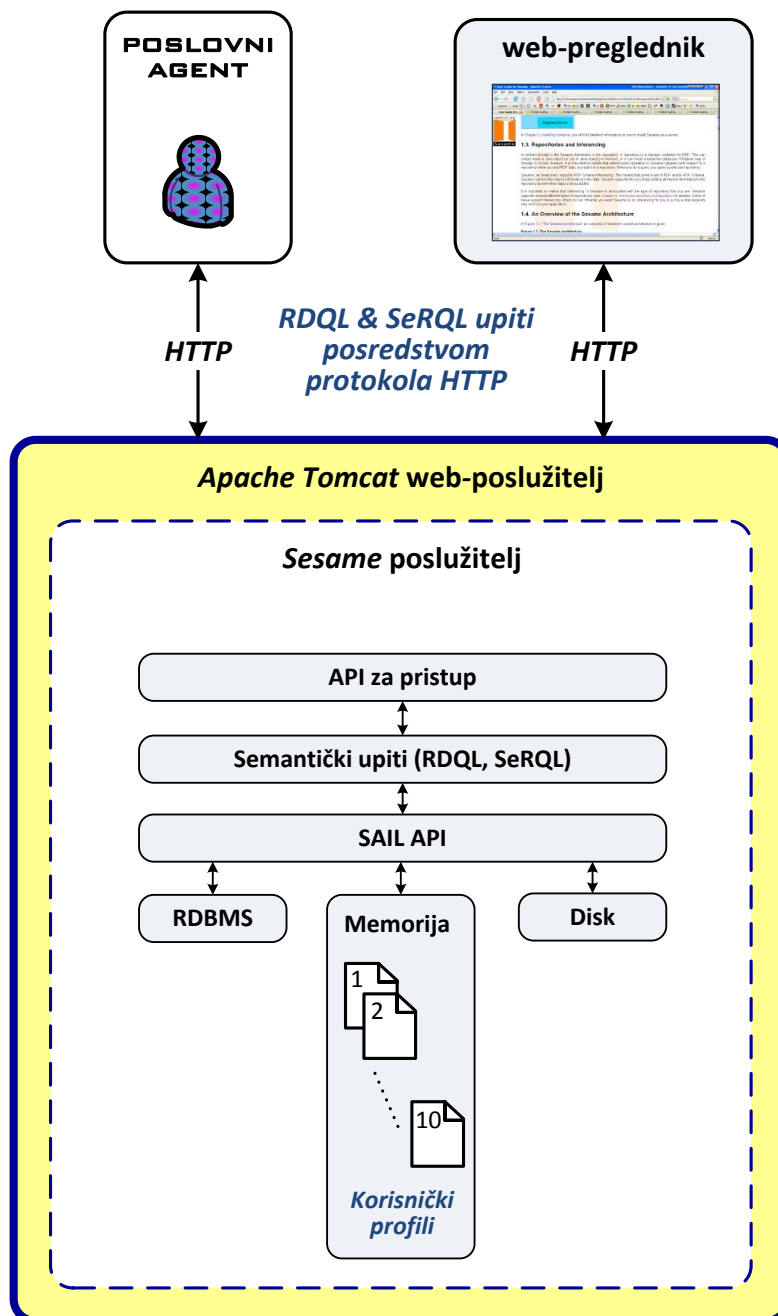
Za pohranu OWL-dokumenata (domensko znanje) i RDF-dokumenata (korisnički profili) korištena je *Sesame* baza [197][196]. *Sesame* je programski okvir implementiran u programskom jeziku Java, a koji razvijana aplikacija može koristiti ili uključivanjem *Sesame* biblioteka u samu aplikaciju ili putem *Sesame* poslužitelja. Razvijeni višeagentski sustav koristi drugi pristup budući da je on pogodniji za razvoj distribuiranih sustava (što višeagentski sustav inherentno jest). Prilikom implementacije razvijenog višeagentskog sustava *Sesame* poslužitelj izveden je u sklopu *Apache Tomcat*<sup>101</sup> web-poslužitelja, koji ima podršku za tehnologiju JSP (*JavaServer Pages*). Na Sl. 5.4 prikazano je kako sa *Sesame* poslužiteljem, koristeći protokol HTTP, komunicira poslovni agent  $a_t$ , ali i sami korisnici putem web-preglednika (ukoliko se za tim ukaže potreba).

*Sesame* poslužitelj, bez ikakvih nadogradnji, pruža usluge pohrane, održavanja i dohvaćanja RDF(S)-dokumenata. Središnji koncept *Sesame* arhitekture je *repositorij* – kontejner za pohranu znanja zapisanog korištenjem tehnologija semantičkog weba. *Sesame* poslužitelj korišten u višeagentskom sustavu podržava dohvat znanja putem semantičkih upita definiranih jezicima RDQL te SerQL. Pojednostavljeni grafički prikaz arhitekture *Sesame* poslužitelja nalazi se na Sl. 5.4. Na dnu funkcijskog složaja nalazi se sloj za pohranu i otkrivanje implicitnih izjava (engl. *Storage And Inference Layer*, SAIL) koji provodi apstrakciju konkretne izvedbe pohrane znanja<sup>102</sup>. Iznad *SAIL-sučelja* (engl. *Application Programming Interface*, API) nalaze se *funkcijski moduli s podrškom za semantičke upite* na koje se nastavlja *API za pristup* funkcijskim modulima koji, posredstvom protokola HTTP, koriste poslovni agent  $a_t$  ili web-preglednik.

---

<sup>101</sup> <http://tomcat.apache.org/>

<sup>102</sup> *Sesame* podržava tri različite izvedbe pohrane znanja: *RDBMS*, *pohranu u memoriji računala* ili *pohranu na disku računala*.



Sl. 5.4. Sesame poslužitelj

Kao proširenje *Sesame* poslužitelja koje donosi podršku za *OWL Lite*, što je potrebno kako bi se omogućila pohrana OWL-dokumenata (domensko znanje), korišten je *OWLIM* [301]. *OWLIM* je semantički repozitorij razvijen u programskom jeziku Java koji se koristi kao SAIL-sloj *Sesame* funkcijskog složaja.

Implementirani višeagentski sustav omogućava pružanje telekomunikacijskih usluga zasnovano na konceptu implicitnog društvenog umrežavanja. Korištenje opisanih SNA-metoda primjenjivih u telekomunikacijskoj domeni predstavlja temelj za pružanje raznovrsnih inovativnih usluga. Ovdje će biti detaljnije opisana dva studijska slučaja:

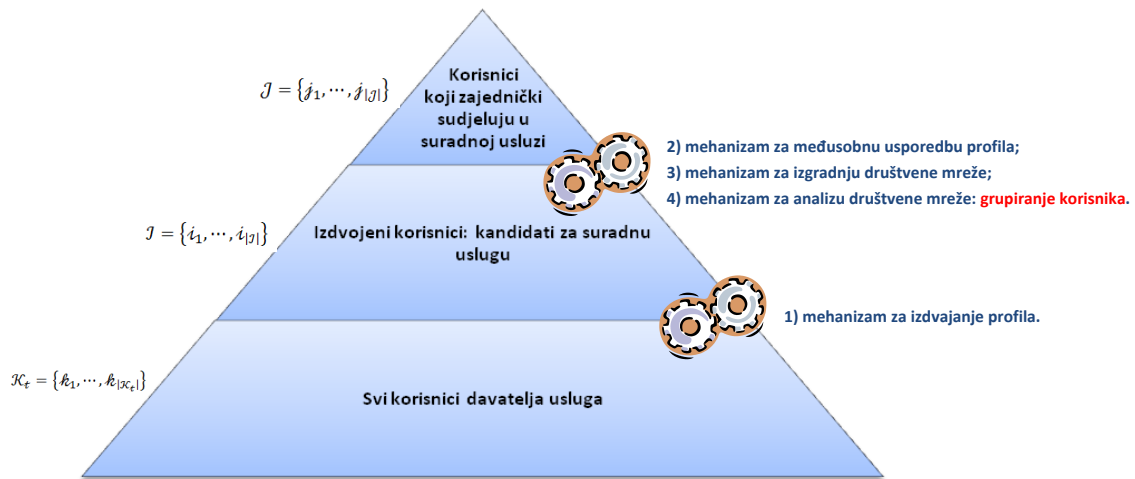
- stvaranje skupine korisnika, što je temelj za omogućavanje *suradnih usluga*;
- identifikacija „istaknutih članova“ društvene mreže analizom njihove centralnosti blizine, što je temelj za omogućavanje *usluga preporučivanja*.

## 5.2 Studijski primjer: stvaranje skupine korisnika za suradnu uslugu

Kod klasičnih telekomunikacijskih usluga nuđenje usluge nije ovisno o karakteristikama pojedinog korisnika i njegovim eventualnim sličnostima s ostalim korisnicima koji žele tu istu uslugu. Drugim riječima, iako ista usluga može biti pružena većem broju korisnika, proces nuđenja usluge uvijek je jednak kao da se dostavlja samo jednom krajnjem korisniku (jedino je uvišestručen) te u takvom scenariju korisnik nema mogućnost aktivno sudjelovati u samom procesu pružanja usluge prilagođavajući je svojim trenutnim potrebama i mogućnostima. Ideja *suradnih usluga* se zasniva na činjenici da u procesu nuđenja usluge nužno sudjeluju dva ili više korisnika koji imaju određeni zajednički cilj. Ako takvi korisnici prihvate uslugu, tada oni aktivno sudjeluju u procesu pružanja same usluge, međusobno surađujući da bi postigli zajednički cilj, pritom prilagođavajući uslugu svojim trenutnim potrebama i mogućnostima [302].

Sam koncept suradnje među korisnicima nije nov. Tako je u [303] opisan SPAWN, mehanizam koji se zasniva na kooperaciji korisnika i služi za dostavu i dijeljenje sadržaja u automobilskim mrežama (engl. *vehicular networks*). Ideja koja stoji iza mehanizma SPAWN je povećanje komunikacijske efikasnosti. Još jedan rad iz područja automobilskih mreža, [304], opisuje mehanizam VC-MAC koji se zasniva na konceptu kooperativne komunikacije. Mehanizam VC-MAC koristi ideju razasijanja koja je inherentna bežičnom mediju s ciljem povećanja komunikacijskog kapaciteta.

Neka su  $\mathcal{K}_t = \{k_1, \dots, k_{|\mathcal{K}_t|}\}$  svi korisnici davatelja usluga  $t$ . Pritom je svaki korisnik  $k_a$  na B2C-telekomunikacijskom tržištu predstavljen svojim korisničkim agentom  $a_{k_a}$ , koji sadrži i korisnički profil  $\mathcal{P}_{k_a}$ . S druge strane, davatelj usluga je predstavljen s poslovnim agentom  $a_t$ . Nadalje, svi oni korisnici koji zadovoljavaju određeni uvjet izdvajanja  $u_{izd}$  čine skup  $\mathcal{I} = \{i_1, \dots, i_{|\mathcal{I}|}\}$ , dok oni korisnici koji u nekom trenutku zajednički sudjeluju u suradnoj usluzi tvore skup  $\mathcal{J} = \{j_1, \dots, j_{|\mathcal{J}|}\}$ .



Sl. 5.5. Proces identifikacije korisnika suradnih usluga

Da bi korisnik  $k_a$  postao član skupa  $J$ , njegov korisnički profil  $p_{k_a}$  mora zadovoljiti uvjet izdvajanja  $u_{izd}$  postavljen od strane poslovnog agenta  $a_t$  (Sl. 5.5):

1. mehanizam za izdvajanje korisničkih profila ( $ikp$ )

- sukladno Izrazu (2.6) koji općenito definira mehanizam  $ikp$ , u ovom slučaju mehanizam za izdvajanje korisničkih profila je definiran kao:

$$ikp(\mathcal{P}_t, u_{izd}) \rightarrow \mathcal{P}_J; \quad (5.1)$$

- polazni skup profila iz kojeg se izdvajaju korisnici čine profili svih korisnika davatelja usluga  $t$  (skup profila  $\mathcal{P}_t$  koji je povezan sa skupom korisnika  $\mathcal{K}_t$ );
- uvjet izdvajanja  $u_{izd}$  se definira tako da izdvojeni korisnici budu u mogućnosti surađivati kako bi postigli zajednički cilj. Primjerice, ako je suradna usluga zapravo *usluga suradnje prilikom dohvata višemedijskog sadržaja* [305][306], čija je ideja da pokretni korisnici dio željenog sadržaja dohvate putem pokretne mreže, a dio razmijene nekom PAN (engl. *Personal Area Network*) tehnologijom (primjerice, *Bluetooth* ili *WiFi*), tada je bitno da izdvojeni korisnici budu fizički blizu jedan drugome (dakle, bitni su atributi korisničkog profila koji definiraju lokaciju korisnika – `hasLocation` te `hasCoordinatesX` i `hasCoordinatesY`);
- rezultat izvršavanja ovog mehanizma je skup profila  $\mathcal{P}_J$  koji je povezan sa skupom korisnika  $J$ ;

Korisnik  $i_a$ , koji je sada dio skupa izdvojenih korisnika  $J$  (kandidata za suradnu uslugu), konkuruje da u nekom trenutku postane član skupa  $J$ , odnosno da u nekom trenutku zajednički sudjeluje u

suradnoj usluzi (primjerice, već spomenutoj usluzi suradnje prilikom dohvata višemedijskog sadržaja). Svrstavanje korisnika  $i_a$  u skup  $\mathcal{J}$  izvršava poslovni agent  $a_t$  u trenutku kada neki korisnik iz skupa  $\mathcal{J}$  (korisnik  $i_{inicijator}$ ) zatraži suradnu uslugu. Poslovni agent  $a_t$  pritom aktivira sljedeće svoje mehanizme (Sl. 5.5):

2. *mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila ( $usp$ )*

- sukladno Izrazu (2.7) koji općenito definira mehanizam  $usp$ , u ovom slučaju mehanizam za međusobnu usporedbu korisničkih profila je definiran kao:

$$usp(p_{i_a}, p_{i_b}) : \mathcal{P}_{\mathcal{J}} \times \mathcal{P}_{\mathcal{J}} \rightarrow [0,1]; \quad (5.2)$$

- međusobno se uspoređuju svi profili iz skupa profila  $\mathcal{P}_{\mathcal{J}}$ ;

3. *mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika ( $idm$ )*

- sukladno Izrazu (2.9) koji općenito definira mehanizam  $idm$ , u ovom slučaju mehanizam za izgradnju društvene mreže korisnika je definiran kao:

$$idm([mat]_{usp, p_{i_{|\mathcal{J}|}}}) : \begin{bmatrix} usp(p_{i_1}, p_{i_1}) & \cdots & usp(p_{i_1}, p_{i_{|\mathcal{J}|}}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ usp(p_{i_{|\mathcal{J}|}}, p_{i_1}) & \cdots & usp(p_{i_{|\mathcal{J}|}}, p_{i_{|\mathcal{J}|}}) \end{bmatrix} \rightarrow \mathcal{G}_{dm_{\mathcal{J}}}; \quad (5.3)$$

- rezultat izvršavanja ovog mehanizma je graf  $\mathcal{G}_{dm_{\mathcal{J}}}$  koji predstavlja društvenu mrežu korisnika definiranih skupom  $\mathcal{J}$ ;

4. *mehanizam za analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga: grupiranje korisnika ( $adm_c$ )*

- korisnici  $\mathcal{J}$  u implicitnoj društvenoj mreži određenoj grafom  $\mathcal{G}_{dm_{\mathcal{J}}}$  se grupiraju u skupine (Izraz (4.51)):

$$\mathcal{C} = \{\mathcal{V}_{c_1}, \mathcal{V}_{c_2}, \dots, \mathcal{V}_{c_{|\mathcal{C}|}}\} \left| \bigcup_{\mathcal{V}_{c_a} \in \mathcal{C}} \mathcal{V}_{c_a} = \mathcal{J}; \quad (5.4)$$

- ona skupina  $\mathcal{V}_{c_a}$  u kojoj se nalazi korisnik koji je inicijator suradne usluge ( $i_{inicijator}$ ) se naziva  $\mathcal{V}_{c_{inicijator}}$  te je njenim članovima ponuđeno zajedničko sudjelovanje u suradnoj usluzi;
- sukladno Izrazu (4.50) koji općenito definira mehanizam  $adm_c$ , u ovom slučaju mehanizam za grupiranje članova u implicitnoj društvenoj mreži određenom grafom  $\mathcal{G}_{dm_{\mathcal{J}}}$  je definiran kao:

$$adm_c(\mathcal{G}_{dm_j}): (\mathcal{V}_j, \mathcal{E}) \rightarrow \mathcal{C}; \quad (5.5)$$

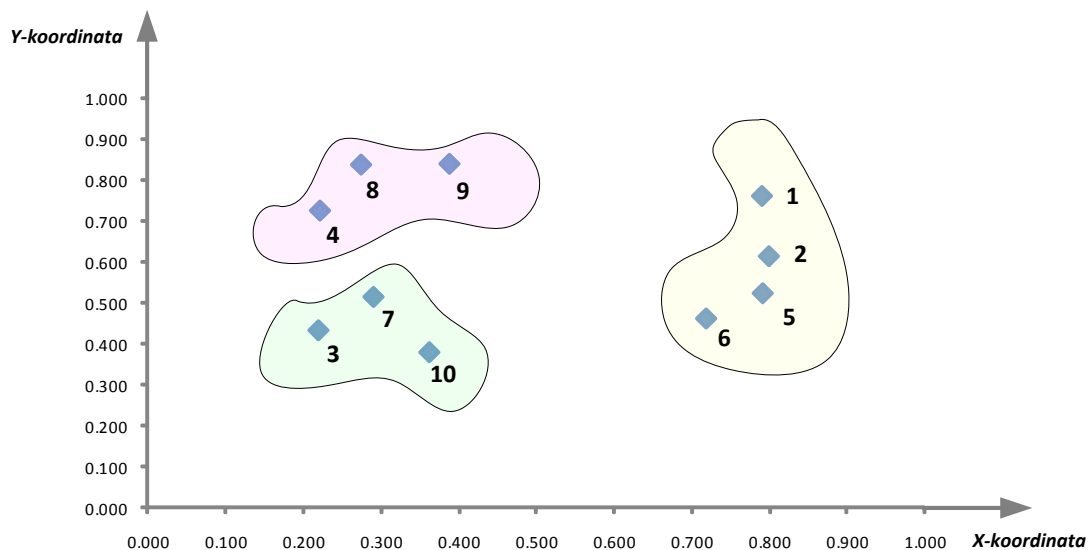
- ovdje će se pretpostaviti da  $\mathcal{G}_{dm_j} \equiv \mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$ , gdje je  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  društvena mreže od deset članova opisana s Izrazom (4.30) i prikazana na Sl. 4.8. Tada se, primjenom Izraza (4.56) koji općenito definira proces transformacije grafa koji opisuje društvenu mrežu u matricu udaljenosti među članovima društvene mreže, može izračunati matrica udaljenosti  $[mat]_{dst_{p_{k_{10}}}}$  za društvenu mrežu određenu grafom  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$ :

$$[mat]_{dst_{p_{k_{10}}}} = \begin{bmatrix} 0.000 & 0.257 & 0.573 & 0.552 & 0.244 & 0.252 & 0.552 & 0.545 & 0.541 & 0.537 \\ 0.257 & 0.000 & 0.586 & 0.569 & 0.137 & 0.197 & 0.543 & 0.535 & 0.490 & 0.491 \\ 0.573 & 0.586 & 0.000 & 0.339 & 0.524 & 0.518 & 0.159 & 0.376 & 0.386 & 0.187 \\ 0.552 & 0.569 & 0.339 & 0.000 & 0.552 & 0.489 & 0.320 & 0.183 & 0.203 & 0.368 \\ 0.244 & 0.137 & 0.524 & 0.552 & 0.000 & 0.144 & 0.526 & 0.521 & 0.485 & 0.517 \\ 0.252 & 0.197 & 0.518 & 0.489 & 0.144 & 0.000 & 0.503 & 0.527 & 0.529 & 0.495 \\ 0.552 & 0.543 & 0.159 & 0.320 & 0.526 & 0.503 & 0.000 & 0.353 & 0.377 & 0.183 \\ 0.545 & 0.535 & 0.376 & 0.183 & 0.521 & 0.527 & 0.353 & 0.000 & 0.170 & 0.447 \\ 0.541 & 0.490 & 0.386 & 0.203 & 0.485 & 0.529 & 0.377 & 0.170 & 0.000 & 0.432 \\ 0.537 & 0.491 & 0.187 & 0.368 & 0.517 & 0.495 & 0.183 & 0.447 & 0.432 & 0.000 \end{bmatrix}; \quad (5.6)$$

- nakon što je dobivena matrica udaljenosti  $[mat]_{dst_{p_{k_{10}}}}$ , pomoću algoritma višedimenzijskog skaliranja se članovi društvene mreže mapiraju u 2D-koordinatni sustav, u kojem je svaki član društvene mreže predstavljen kao jedna točka:

$$[kord]_{dst_{p_{k_{10}}}} = \begin{bmatrix} x_{k_1} & y_{k_1} \\ x_{k_2} & y_{k_2} \\ x_{k_3} & y_{k_3} \\ x_{k_4} & y_{k_4} \\ x_{k_5} & y_{k_5} \\ x_{k_6} & y_{k_6} \\ x_{k_7} & y_{k_7} \\ x_{k_8} & y_{k_8} \\ x_{k_9} & y_{k_9} \\ x_{k_{10}} & y_{k_{10}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.791 & 0.764 \\ 0.800 & 0.616 \\ 0.219 & 0.434 \\ 0.221 & 0.728 \\ 0.792 & 0.525 \\ 0.719 & 0.463 \\ 0.290 & 0.516 \\ 0.274 & 0.841 \\ 0.388 & 0.843 \\ 0.362 & 0.380 \end{bmatrix}; \quad (5.7)$$

- na temelju 2D-koordinata  $[kord]_{dst_{p_{k_{10}}}}$  svih članova društvene mreže  $\mathcal{G}_{dm_j} \equiv \mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  izračunava se razdioba članova promatrane društvene mreže po skupinama. Razdzioba je prikazana na Sl. 5.6 i u Tab. 5.1. Ukupno postoje tri skupine, što znači da je *prosječna širina siluete* poprimila najveću vrijednost za *silhouette* ( $\mathcal{C}^3$ ), odnosno konačni rezultat izvršavanja mehanizma  $adm_c$  je nastao prilikom računanja algoritma *K-Means* s postavljenim faktorom  $k = 3$ .



Sl. 5.6. Razdioba članova promatrane društvene mreže po skupinama

Tab. 5.1. Razdioba članova promatrane društvene mreže po skupinama

Skupina	Član društvene mreže
$\mathcal{V}_{c_1}$	$i_1, i_2, i_5, i_6$
$\mathcal{V}_{c_2}$	$i_4, i_8, i_9$
$\mathcal{V}_{c_3}$	$i_3, i_7, i_{10}$

Nakon što je poslovni agent  $a_t$  identificirao skup  $\mathcal{V}_{c_{inicijator}}$ , on svim njenim članovima (osim korisnika  $i_{inicijator}$  koji je zatražio suradnu uslugu) nudi zajedničko sudjelovanje u suradnoj usluzi. Svaki korisnik može pozitivno ili negativno odgovoriti na ponudu poslovnog agenta  $a_t$ . Oni korisnici koji odgovore pozitivno, zajedno s korisnikom  $i_{inicijator}$ , tvore skup korisnika  $\mathcal{J}$  te zajedničko sudjeluju u suradnoj usluzi. Za odnose između skupova korisnika  $\mathcal{K}_t, \mathcal{J}, \mathcal{V}_{c_{inicijator}}$  te  $\mathcal{J}$  vrijedi sljedeće:

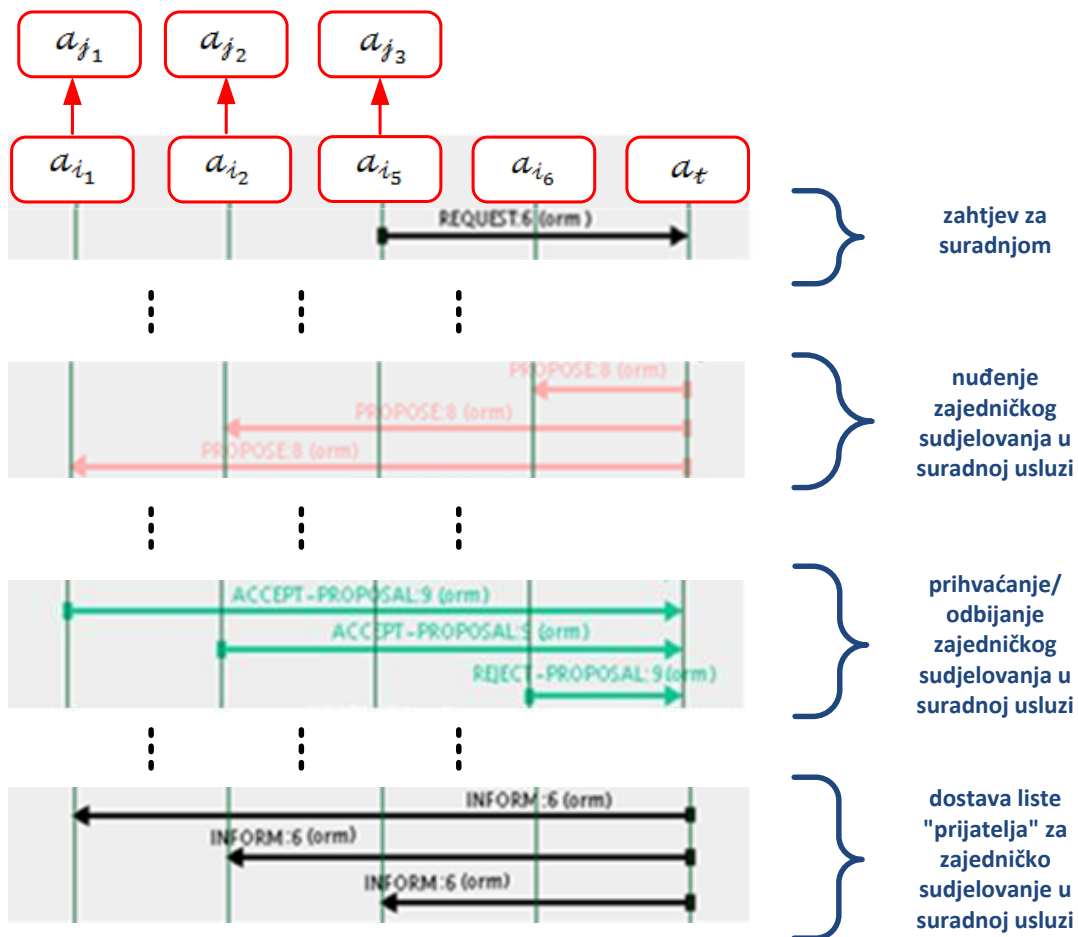
$$\mathcal{J} \subseteq \mathcal{V}_{c_{inicijator}} \subseteq \mathcal{J} \subseteq \mathcal{K}_t \quad (5.8)$$

Navedena komunikacija među agentima u višeagentskom sustavu (snimljena ugrađenim *Sniffer* alatom u platformi JADE) prikazana je na Sl. 5.7. Cijeli sustav miruje dok jedan od korisnika iz skupa  $\mathcal{J}$  (u promatranom slučaju korisnik  $i_{inicijator} \equiv i_5$ ) ne zatraži određenu suradnu uslugu



(REQUEST poruka od strane korisničkog agenta  $a_{i_5}$  poslovnom agentu  $a_t$ ). Nakon što je korisnik  $i_{inicijator} \equiv i_5$  zatražio suradnu uslugu, ista mu nije odmah omogućena, već poslovni agent  $a_t$  provodi računanje skupa korisnika  $\mathcal{V}_{e_{inicijator}}$  kojima će biti ponuđeno da zajednički sudjeluju u suradnoj usluzi (budući da se u skupu korisnika  $\mathcal{V}_{e_{inicijator}}$  nalaze korisnici „sličnih“ profila, velika je vjerojatnost da će barem dio članova skupa korisnika  $\mathcal{V}_{e_{inicijator}}$  pokazati interes za predloženom suradnom uslugom). Skup korisnika  $\mathcal{V}_{e_{inicijator}}$  formiran je izvršavanjem sljedećih mehanizama od strane poslovnog agenta  $a_t$ :

- mehanizma za međusobnu usporedbu korisničkih profila (*usp*);
- mehanizma za izgradnju društvene mreže korisnika (*idm*);
- mehanizma za analizu društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga: grupiranje korisnika (*adm<sub>c</sub>*).



Sl. 5.7. Komunikacija u višeagentskom sustavu tijekom dogovaranja suradne usluge

Budući da je  $i_{inicijator} \equiv i_5$ , tada je prema Tab. 5.1  $\mathcal{V}_{e_{inicijator}} \equiv \mathcal{V}_{e_1}$ . Nuđenje zajedničkog sudjelovanja u suradnoj usluzi se na Sl. 5.7 prepoznaje u PROPOSE porukama koje poslovni agent  $a_t$  šalje svim korisničkim agentima koji zastupaju korisnike iz skupa  $\mathcal{V}_{e_{inicijator}} \setminus i_{inicijator}$ . Poslovni agent  $a_t$  zatim prikuplja odgovore na prijedlog, koji mogu biti ili ACCEPT\_PROPOSAL poruka ili REJECT\_PROPOSAL poruka (odnosno istek vremena (engl. *timeout*)). Prva poruka označava korisnikovu želju za sudjelovanjem u suradnoj usluzi, a druga njegovo odbijanje. Naposljetku, poslovni agent  $a_t$  šalje INFORM poruku svim korisničkim agentima koji su potvrdili sudjelovanje u suradnoj usluzi (skup korisničkih agenata  $\mathcal{A}_j$ ). Na Sl. 5.7 može se vidjeti da je  $|\mathcal{A}_j| = 3$ , što znači da će, osim korisnika inicijatora  $i_{inicijator} \equiv i_5 \equiv j_3$ , još dva korisnika sudjelovati u zajedničkom dohvat u traženog sadržaja. U sklopu INFORM poruke svakom korisničkom agentu  $a_{j_a}$  se šalje popis njemu „prijateljskih“ agenata  $\mathcal{A}_{j_{pr_{j_a}}}$ , odnosno onih s kojima će zajednički sudjelovati u suradnoj usluzi. Tako, primjerice, u promatranom scenariju korisnički agent inicijatora suradne usluge  $a_{j_{inicijator}} \equiv a_{j_3}$  prima od poslovnog agenta  $a_t$  popis „prijatelja“  $\mathcal{A}_{j_{pr_{j_3}}} = \{a_{j_1} \equiv a_{i_1}, a_{j_2} \equiv a_{i_2}\}$ .

### 5.3 Studijski primjer: identifikacija istaknutih članova društvene mreže za usluge preporučivanja

Kod klasičnih telekomunikacijskih usluga preporučivanje sadržaja je inicirano od strane davatelja usluge i najčešće se zasniva na analizi prijašnjeg ponašanja korisnika. Za razliku od klasičnih telekomunikacijskih usluga ideja *usluga preporučivanja* jest preporučivanje sadržaja međusobno među korisnicima unutar društvene mreže, pritom koristeći „istaknute članove“ društvene mreže kao „katalizatore“ širenja preporuka za nove usluge/sadržaj kroz društvenu mrežu. Od ovakvog pristupa korist imaju davatelji usluga (budući da viralni koncept širenja preporuka znatno smanjuje njihove troškove oglašavanja), ali i sami korisnici (budući da preporuke dobivaju od korisnika s kojima su povezani u društvenoj mreži te s kojima stoga zasigurno dijele dio interesa i preferencija).

Usmena predaja najmoćniji je marketinški alat još od samih začetaka trgovanja kao takvog, a viralno preporučivanje je marketinška tehnika kojom se vrlo efikasno potiče usmena predaja. Ipak, marketinške agencije su ovaj alat „otkrile“ tek početkom devedesetih godina prošloga stoljeća, i to zahvaljujući proučavanju mehanizma pomoću kojeg je jedna, tada kulturna, televizijska emisija stjecala svoje poklonike. Naime, poklonici jedne američke emisije masovno su snimali svaku novu epizodu i dijelili snimke svojim prijateljima, u čemu su ih, unatoč formalnoj zakonskoj zabrani, poticali i sami producenti emisije. Ubrzo je gledanost naglo porasla te je taj fenomen zaintrigirao stručnjake koji su se bavili marketingom. Nakon nekoliko provedenih istraživanja marketinški stručnjaci su shvatili da zanimljivim video isječcima mogu

ljude motivirati da umjesto njih usmeno preporučuju neku uslugu/proizvod drugima. Iako je uspješnost te metode bilo vrlo teško kvantificirati, brojke su govorele u korist opisane marketinške inovacije. Opisani fenomen je, zbog svoje sličnosti sa širenjem virusa, prozvan *viralni marketing* [307][308][309][310][311][312]. U posljednjih pet godina viralni marketing je izrastao u jedan od glavnih marketinških alata, posebno kada je koncept počeo koristiti internetsku infrastrukturu kao medij. Velik vjetar u leđa uspješnosti viralnog marketinga dale su web stranice *YouTube*<sup>103</sup> koje su pokrenute 2005. godine, a popularnost ove tehnike je porasla do današnjih razina razvojem društvenih web-stranica.

Prijenos znanja svojoj okolini je integralni dio života svakoga od nas. Prijateljima prosljeđujemo poveznice na novinske članke, rođacima poveznice na video isječke objavljene na *YouTubeu*, a susjedima mišljenja o restoranima. Gotovo da ne prođe dan, a da nismo podijelili zanimljivu vijest ili svoje mišljenje o nekoj pojavi ili stvari s ljudima koji nas okružuju ili isto objavili na svom *Facebook* profilu. Opisani prijenos znanja utječe kako na individualno ponašanje osoba u našem okruženju, tako i na cjelokupno ponašanje našeg okruženja, ovisno o tome koliki utjecaj na to isto okruženje imamo [313][314]. Usluge zasnovane na viralnom preporučivanju posebno iskorištavaju utjecaj kojega pojedinac ima na kupovne navike ljudi iz njegova okruženja [315][316]. Preciznije, pokazat će se na koji način se istaknuti član implicitne društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga može iskoristiti kao ključna osoba za preporučivanje novih usluga/sadržaja unutar društvene mreže korisnika kojoj pripada.

U nastavku će biti opisano na koji način davatelj usluga identificira „istaknutog člana“ društvene mreže, čijim će članovima pružiti uslugu preporučivanja (pretpostavka je da su svi članovi od kojih se gradi društvena mreža svjesno pristali sudjelovati u ovakvom tipu usluge). Preciznije, bit će opisano na koji način poslovni agent  $a_t$  identificira „istaknutog korisničkog agenta  $a_{k_a}$ “ implicitne društvene mreže telekomunikacijskih korisnika. Kao studijski primjer za demonstraciju bit će iskorištena već izgrađena društvena mreža definirana matricom susjedstva iz Izraza (4.33) i vizualizirana grafom  $\mathcal{G}_{dm_{p_{k_{10}}}}$  na Sl. 4.9, a koja se sastoji od deset korisnika ( $\mathcal{K}_{10} = \{k_1, k_2, \dots, k_{10}\}$ ).

SNA-mjera koja opisuje „istaknutost člana“ društvene mreže iz aspekta bitnog za koncept viralnog preporučivanja jest centralnost blizine  $C_c(k_a)$  korisnika  $k_a \in \mathcal{K}_{10}$ . Ova SNA-mjera opisuje koliko je promatrani korisnik „blizu“ ostalim korisnicima u implicitnoj društvenoj mreži. Najistaknutiji korisnik prema ovom parametru je onaj s najmanjom udaljenošću do svih ostalih korisnika. Drugim riječima, najistaknutiji korisnik može doći u kontakt sa svim ostalim članovima mreže posredstvom najmanjeg broja drugih korisnika. Istaknuti članovi društvene mreže, gledano iz perspektive centralnosti blizine, zauzimaju vrlo važno mjesto u društvenoj

<sup>103</sup> <http://www.youtube.com/>

mreži u odnosu na komunikaciju s ostatkom mreže, budući da će preporuka koju oni prošire mrežom najkraćim putem stići do svih ostalih članova.

Primjenom Izraza (4.42), koji općenito definira izračun centralnosti blizine, na društvenu mrežu definiranu matricom susjedstva iz Izraza (4.33) i vizualiziranu grafom  $\mathcal{G}_{dm_p, k_{10}}$  na Sl. 4.9, dobiva se izraz za izračun centralnosti blizine za svakog korisnika  $k_a \in \mathcal{K}_{10}$ :

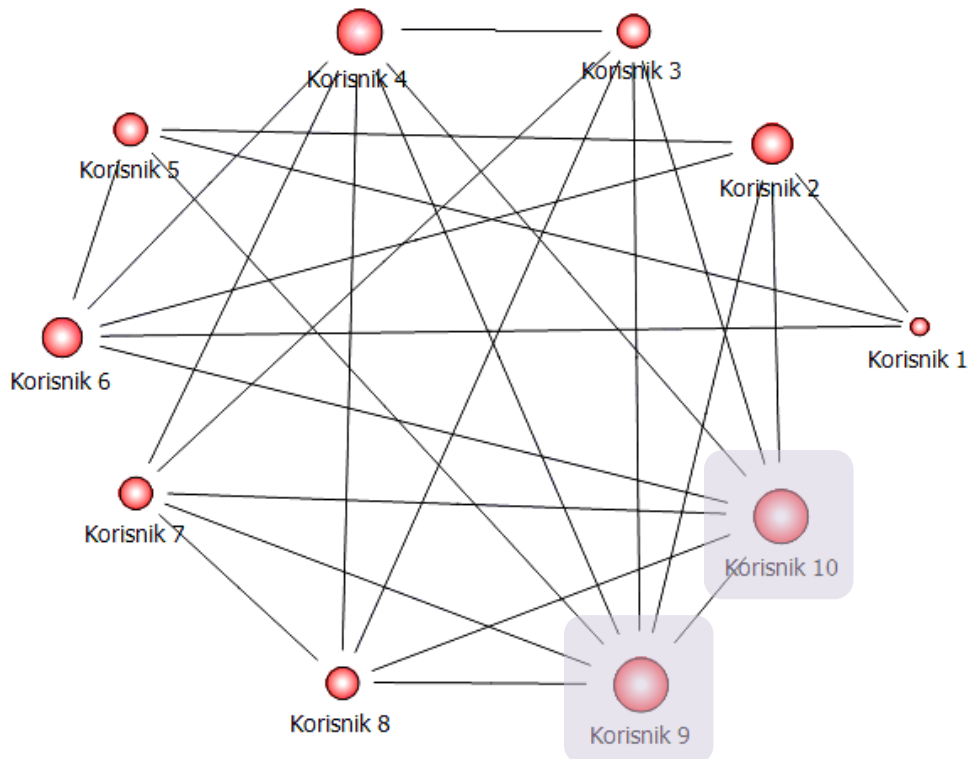
$$C_C(k_a) = \frac{9}{\sum_{k_b \in (\mathcal{K}_{10} \setminus k_a)} gd(k_a, k_b)}, \forall k_a \in \mathcal{K}_{10}. \quad (5.9)$$

Pomoću alata *UCINET* izračunate su vrijednosti  $C_C(k_a)$  za sve  $k_a \in \mathcal{K}_{10}$ , a rezultati su prikazani u Tab. 5.2 te na Sl. 5.8 (korišten je alat *NetMiner*). Na temelju izračunatih rezultata poslovni agent  $a_t$  identificira korisničke agente  $a_{k_9}$  i  $a_{k_{10}}$  kao „istaknute korisničke agente“ u promatranoj implicitnoj društvenoj mreži korisnika telekomunikacijskih usluga te preko njih ostvaruje *uslugu preporučivanja*.

Drugim riječima, za davatelja usluge  $t$  je bitno da osigura način (primjerice, mehanizmom povlaštenih cijena za novu uslugu/sadržaj) kako korisnike  $k_9$  i  $k_{10}$  pretvoriti u „rane konzumente“ (engl. *early adopter*), jer će oni najbrže od svih članova u promatranoj društvenoj mreži proširiti preporuke o novoj usluzi/sadržaju. S druge strane, korištenje usluge viralnog preporučivanja zasnovane na implicitnoj društvenoj mreži korisnika je najbrži način za sve korisnike koji se nalaze u promatranoj društvenoj mreži da im bude preporučena usluga/sadržaj za koji će vrlo vjerojatno biti zainteresirani. Na temelju njihovog pristanka za sudjelovanje u usluzi preporučivanja svakom korisničkom agentu  $a_{k_a}$  u promatranoj društvenoj mreži, a koji ne pripada istaknutim korisničkim agentima ( $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{10}} \setminus \{a_{k_9}, a_{k_{10}}\}$ ), poslovni agent  $a_t$  šalje popis „prijateljskih“ agenata koji sadrži „istaknute korisničke agente“ ( $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{pr_{k_a}}} = \{a_{k_9}, a_{k_{10}}\}$ ). S druge strane, poslovni agent  $a_t$  šalje istaknutim korisničkim agentima popis „prijateljskih“ agenata koji sadrži sve ostale korisničke agente u promatranoj društvenoj mreži ( $\mathcal{A}_{\mathcal{K}_{pr_{k_9}}} = \mathcal{A}_{\mathcal{K}_{pr_{k_{10}}}} = \mathcal{A}_{\mathcal{K}_{10}} \setminus \{a_{k_9}, a_{k_{10}}\}$ ). Na ovaj način istaknuti korisnički agenti znaju kome trebaju slati svoje preporuke, a ostali članovi društvene mreže znaju čije preporuke bi ih mogle interesirati. Preko popisa „prijateljskih“ agenata davatelj usluge  $t$  djelomično svojim korisnicima otkriva strukturu implicitne društvene mreže koju je stvorio na temelju njihovih korisničkih profila.

Tab. 5.2. Vrijednosti centralnosti blizine za korisnike iz društvene mreže definirane matricom susjedstva iz Izraza (4.33)

	$C_c(k_a)$
$k_1$	0.500
$k_2$	0.692
$k_3$	0.643
$k_4$	0.750
$k_5$	0.643
$k_6$	0.692
$k_7$	0.643
$k_8$	0.643
$k_9$	0.818
$k_{10}$	0.818



Sl. 5.8. Relativni odnos vrijednosti centralnosti blizine za korisnike iz društvene mreže definirane matricom susjedstva iz Izraza (4.33)

## Zaključak i budući rad

Disertacija je predstavila novu generaciju mreža kao sljedeću fazu u evoluciji telekomunikacijske industrije i okruženje koje korisnicima omogućuje raznoliki skup inovativnih usluga zasnovanih na profilima korisnika. Istraživanje je napravljeno ne samo iz tehničkog aspekta, već su razmatrani i sociološki te ekonomski faktori. Na taj način nisu predstavljena samo glavna infrastrukturna i konceptualna obilježja nove generacije mreža, već i zahtjevi koje nove životne navike ljudi imaju na takvu mrežu, kao i novi vrijednosni lanac informacijskog i komunikacijskog sektora. Cilj kojem telekomunikacijska industrija teži je promjena paradigme pružanja usluga koja za rezultat ima aktivnu ulogu samih korisnika u procesu pružanja usluga.

Disertacija je predložila primjenu koncepta društvenog umrežavanja za postizanje navedene promjene paradigme. Na temelju istraživanja društvenih web-stranica, kod kojih se korisnik svjesno „umrežava“ sa svojim „prijateljima“ u društvenoj mreži, predloženo je stvaranje društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga, ali primjenom implicitnog pristupa. Implicitni pristup stvaranju društvene mreže zasniva se na ideji da su veze među korisnicima rezultat djelovanja neke „treće strane“ u sustavu te sami korisnici nisu nužno niti svjesni s kojim ostalim korisnicima društvene mreže su povezani. „Treća strana“ koja stvara društvenu mrežu na temelju sličnosti korisničkih profila, bez izravnog uplitanja korisnika u sam proces, su davatelji usluga na tržištu elektroničkih komunikacija.

S ciljem omogućavanja stvaranja implicitne društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga predložen je model korisničkog programskog agenta u novoj generaciji mreža. Korisnički agent posjeduje znanje o svom vlasniku u obliku korisničkog profila koji obuhvaća informacije o korisničkoj opremi, interesima i preferencijama za usluge te kontekstne informacije. Zatim je razrađen model poslovnog programskog agenta koji zastupa davatelja usluga i raspolaže mehanizmima za stvaranje implicitne društvene mreže korisnika (mehanizmi za izdvajanje profila, za međusobnu semantičku usporedbu profila te za izgradnju društvene mreže) te njenu analizu (mehanizmi za analizu opisnih i strukturnih svojstava članova društvene mreže te mehanizam za grupiranje članova društvene mreže).

U cilju verifikacije istraživanja razvijen je višeagentski sustav koji modelira tržište u okruženju nove generacije mreža, a sastavljen je od korisničkih i poslovnih agenata. Eksperimentalno su verificirana dva studijska slučaja: prvi predlaže stvaranje skupine korisnika za *suradnu uslugu*, a drugi identifikaciju istaknutih članova društvene mreže za omogućavanje *usluge*

*preporučivanja*. Kao platforma za implementaciju programskih agenata koristi se agentska platforma JADE.

Društvene web-stranice se zasnivaju na načelu eksplicitne društvene mreže. To znači da su korisnici društvenih web-stranica definirani svojim (polu)javnim profilima, koji osim informacija o samom promatranom korisniku sadrže i informacije o pripadnosti grupama korisnika te poveznice prema ostalim korisnicima društvene mreže s kojima je promatrani korisnik povezan. Drugim riječima, eksplicitne društvene mreže se zasnivaju na vidljivim ulogama, vidljivim odnosima i vidljivim zajednicama. S druge strane, implicitna društvena mreža korisnika telekomunikacijskih usluga izgrađena na temelju sličnosti korisničkih profila, koja je predložena u disertaciji, zasniva se na skrivenim ulogama, skrivenim odnosima i skrivenim zajednicama. Nastavak istraživanja će biti usmjeren na razradu modela društvene mreže koji će se temeljiti na kombinaciji eksplicitnog i implicitnog načela, sa svrhom stvaranja dodane vrijednosti kako za korisnike, tako i za davatelje usluga na tržištu elektroničkih komunikacija.

# Literatura

1. Damsgaard, J., Marchegiani, L.: Like Rome, a mobile operator's empire wasn't built in a day!: a journey through the rise and fall of mobile network operators. U: Proceedings of the 6th International conference on Electronic commerce (ICEC'04), New York (SAD), pp. 639-648 (2004)
2. Yoon, J.-L.: Telco 2.0: A New Role and Business Model. *IEEE Communications Magazine* 45(1), 10-12 (2007)
3. Svensson, M., Soderberg, J.: Machine-learning technologies in telecommunications. *Ericsson Review* 2008(3), 29-33 (2008)
4. Bohte, S., Gerding, E., Poutre, H.: Market-based recommendation: Agents that compete for consumer attention. *ACM Transactions on Internet Technology* 4(4), 420-448 (2004)
5. Huang, Z., Zeng, D., Chen, H.: A Comparison of Collaborative-Filtering Recommendation Algorithms for E-commerce. *Intelligent Systems* 22(5), 68-78 (2007)
6. Jung, J.: Visualizing recommendation flow on social network. *Journal of Universal Computer Science* 11(11), 1780-1791 (2005)
7. Velusamy, S., Gopal, L., Bhatnagar, S., Varadarajan, S.: An efficient ad recommendation system for TV programs. *Multimedia Systems* 14(2), 73-87 (2008)
8. Wei, Y., Jennings, N., Moreau, L., Hall, W.: User evaluation of a market-based recommender system. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 17(2), 1-19 (2008)
9. Wei, Y., Moreau, L., Jennings, N.: A market-based approach to recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems* 23(3), 227-266 (2005)
10. Wei, Y., Moreau, L., Jennings, N.: Learning Users' Interests by Quality Classification in Market-Based Recommender Systems. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 17(12), 1678-1688 (2005)
11. Leavitt, N.: Recommendation technology: will it boost e-commerce? *IEEE Computer* 39(5), 13-16 (2006)
12. Linden, G., Smith, B., York, J.: Amazon.com Recommendations: Item-to-Item Collaborative Filtering. *IEEE Internet Computing* 7(1), 76-80 (2003)
13. Cheung, K.-W., Kwok, J., Law, M., Tsui, K.-C.: Mining customer product ratings for personalized marketing. *Decision Support System* 35(2), 231-243 (2003)



14. Lee, W.-P., Liu, C.-H., Lu, C.-C.: Intelligent agent-based systems for personalized recommendations in Internet commerce. *Expert Systems with Applications* 22(4), 275-284 (2002)
15. ITU-T: Recommendation Y.2001: General Overview of NGN. (2004)
16. Knightson, K., Naotaka, M., Towle, T.: NGN Architecture: Generic Principles, Functional Architecture, and Implementation. *IEEE Communications Magazine* 43(10), 49-56 (2005)
17. Podobnik, V., Trzec, K., Jezic, G.: Context-Aware Service Provisioning in Next-Generation Networks: An Agent Approach. *International Journal of Information Technology and Web Engineering* 2(4), 41-62 (2007)
18. Skorin-Kapov, L., Mosmondor, M., Dobrijevic, O., Matijasevic, M.: Application-level QoS Negotiation and Signaling for Advanced Multimedia Services in the IMS. *IEEE Communications Magazine* 45(7), 108-116 (2007)
19. Kibria, M., Jamalipour, A.: On designing issues of the next generation mobile network. *IEEE Network* 21(1), 6-13 (2007)
20. Lee, C.-S., Knight, D.: Realization of the next-generation network. *IEEE Communications Magazine*, IEEE 43(10), 34-41 (2005)
21. Podobnik, V., Jezic, G., Trzec, K.: A Multi-Agent System for Auction-Based Resource Discovery in Semantic-Aware B2C Mobile Commerce. *International Transactions on Systems Science and Applications* 3(2), 169-182 (2007)
22. Strang, C.: Next generation systems architecture – the Matrix. *BT Technology Journal* 23(1), 55-68 (2005)
23. Crane, P.: A new service infrastructure architecture. *BT Technology Journal* 23(1), 15-27 (2005)
24. Aoyama, T.: A New Generation Network: Beyond the Internet and NGN. *IEEE Communications Magazine* 47(5), 82-87 (2009)
25. Potter, J., Brady, A.: Strategic changes and frameworks affecting future OSS/BSS in the telecommunications industry. *BT Technology Journal* 23(3), 30-44 (2005)
26. Lee, M., Lee, J., Cho, Y.: How a Convergence Product Affects Related Markets: The Case of the Mobile Phone. *ETRI Journal* 31(2), 215-224 (2009)
27. IPsphere Forum: The Business of IP: Delivering on the Promise of Convergence. (2007)
28. Guillemin, F.: The future Internet: the operator's vision. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: <http://www.eurescom.eu/public/projects/P1600-series/p1657/>) (2007)
29. Seel, N.: Business Strategies for the Next-Generation Network (Informa Telecoms & Media). Auerbach Publications, Boston, MA, USA (2006)

30. Zittrain, J.: Law and Technology: The End of the Generative Internet. *Communications of the ACM* 52(1), 18-20 (2009)
31. Petric, A., Ljubi, I., Trzec, K., Jezic, G., Kusek, M., Podobnik, V., Jurasovic, K.: An Agent Based System for Business-Driven Service Provisioning. U: *Proceedings of the AAAI'07 Workshop on Configuration*, Vancouver (Kanada), pp. 25-30 (2007)
32. Griffin, D., Pesch, D.: Service provision for next generation mobile communication systems - The Telecommunications Service Exchange. *IEEE Transactions on Network and Service Management* 3(2), 2-12 (2006)
33. Agati, M., Zappelli, G.: Network your customers by monetizing the mobile attraction. *Ericsson Business Review* 2008(2), 46-50 (2008)
34. Stallman, R.: Is Digital Inclusion a Good Thing? How Can We Make Sure It Is? *IEEE Communications* 48(2), 112-118 (2010)
35. Podobnik, V., Jezic, G., Trzec, K.: Towards New Generation of Mobile Communications: Discovery of Ubiquitous Resources. *Electrotechnical Review* 75(1-2), 31-36 (2008)
36. Beltran, F., Gomez, L.: Discrimination in NGN Service Markets: Opportunity or Barrier to Digital Inclusion. *IEEE Communications* 48(2), 154-159 (2010)
37. Podobnik, V., Matijasevic, M., Lovrek, I., Skorin-Kapov, L., Desic, S.: Agent-based Framework for Personalized Service Provisioning in Converged IP Networks. *Lecture Notes in Computer Science* 5907, 83-94 (2009)
38. Bellavista, P., Corradi, A., Stefanelli, C.: The Ubiquitous Provisioning of Internet Services to Portable Devices. *IEEE Pervasive Computing* 1(3), 81-87 (2002)
39. Bottazzi, D., Montanari, R., Toninelli, A.: Context-Aware Middleware for Anytime, Anywhere Social Networks. *IEEE Intelligent systems* 22(5), 23-32 (2007)
40. MacKinnon, W., Wasserman, M.: Implementing Electronic Medical Record Systems. *IT Professional* 11(6), 50-53 (2009)
41. Leuf, B.: *The Semantic Web: Crafting Infrastructure for Agency*. Wiley, New York (2006)
42. Shafer, S., Smith, H., Linder, J.: The power of business models. *Business Horizons* 48(3), 199-207 (2005)
43. De Reuver, M., Haaker, T.: Designing viable business models for context-aware mobile services. *Telematics and Informatics* 26(3), 240-248 (2009)
44. Bazant, A., Car, Z., Gledec, G., Jevtic, D., Jezic, G., Kunstic, M., Lovrek, I., Matijasevic, M., Mikac, B., Skocir, Z.: *Telekomunikacije – tehnologija i tržište*. Element, Zagreb (2007)

45. Chesbrough, H., Rosenbloom, R.: The role of the business model in capturing value from innovation, evidence from Xerox Corporation's technology spin/off companies. *Industrial and Corporate Change* 11(3), 529-555 (2002)
46. Li, F., Whalley, J.: Deconstruction of the telecommunications industry: from value chains to value networks. *Telecommunications Policy* 26(9-10), 451-472 (2002)
47. Peppard, J., Rylander, A.: From Value Chain to Value Network: Insights for Mobile Operators. *European Management Journal* 24(2-3), 128-141 (2006)
48. Murata, Y., Hasegawa, M., Murakami, H., Harada, H., Kato, S.: The Architecture and a Business Model for the Open Heterogenous Mobile Network. *IEEE Communications Magazine* 47(5), 95-101 (2009)
49. Schonwalder, J., Fouquet, M., Rodosek, G. D., Hochstatter, I. C.: Future Internet = Content + Services + Management. *IEEE Communications Magazine* 47(7), 27-33 (2009)
50. Hanrahan, H.: *Network Convergence: Services, Applications, Transport, and Operations Support*. John Wiley & Sons, New York (2007)
51. Park, S., Jeong, S.-H.: Mobile IPTV: Approaches, Challenges, Standards, and QoS Support. *IEEE Internet Computing* 13(3), 23-31 (2009)
52. Zhou, J., Ou, Z., Rautiainen, M., Koskela, T., Ylianttila, M.: Digital Television for Mobile Devices. *IEEE Multimedia* 16(1), 60-71 (2009)
53. Hartung, F., Horn, U., Huschke, J., Kampmann, M., Lohmar, T., Lundevall, M.: Delivery of Broadcast Services in 3G Networks. *IEEE Transactions on Broadcasting* 53(1), 188-199 (2007)
54. Want, R.: When Cell Phones Become Computers. *IEEE Pervasive Computing* 8(2), 2-5 (2009)
55. Turina, D., Andersson, O., Wallin, B., Blockstrand, M., Cagenius, T.: Converged TV. *Ericsson Review* 2009(2), 17-21 (2009)
56. Boyd, D., Ellison, N.: Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication* 13(1), 210-230 (2007)
57. Westland, J. C.: Critical mass and willingness to pay for social networks. *Electronic Commerce Research and Applications* 9(1), 6-19 (2010)
58. Spaulding, T.J.: How can virtual communities create value for business? *Electronic Commerce Research and Applications* 9(1), 38-49 (2010)
59. Jackson, M. O.: *The Economics of Social Networks*. U: *Advances in Economics and Econometrics, Theory and Applications: Ninth World Congress of the Econometric Society*. Cambridge University Press, Cambridge (UK) (2006)

60. Adamic, L. A., Adar, E.: Friends and neighbors on the Web. *Social Networking* 25(3), 211-230 (2003)
61. Weaver, A., Morrison, B.: Social Networking. *IEEE Computer* 41(2), 97-100 (2008)
62. Chi, E.: The Social Web: Research and Opportunities. *IEEE Computer* 41(9), 88-91 (2008)
63. Donath, J., Boyd, D.: Public Displays of Connection. *BT Technology Journal* 22(4), 71-82 (2004)
64. Reid, M., Gray, C.: Online Social Networks, Virtual Communities, Enterprises, and Information Professionals. *Seracher* 15(7), 32-51 (2007)
65. Zeichick, A.: A-Twitter over Twitter. *netWorker* 13(1), 5-7 (2009)
66. Wan, Y., Kumar, V., Bukhari, A.: Will the Overseas Expansion of Facebook Succeed? *IEEE Internet Computing* 12(3), 69-73 (2008)
67. ITU-T: Recommendation Y.2011: General principles and general reference model for Next Generation Networks. (2004)
68. iDA Singapore: Reference Specification for Next Generation Networks (NGN) Technical Framework. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: <http://www.ida.gov.sg/Policies%20and%20Regulation/20060424171355.aspx>) (2007)
69. Cisco Systems: A Protocol Reference Model for Next-Generation Networks. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: <http://whitepaper.techworld.com/networking/5417/a-protocol-reference-model-for-next-generation-networks/>) (2007)
70. Trzec, K., Lovrek, I., Mikac, B.: Agent Behaviour in Double Auction Electronic Market for Communication Resources. *Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science* 4251, 318-325 (2006)
71. Trzec, K., Lovrek, I.: Modelling Behaviour of Trading Agents in Electronic Market for Communication Resources. U: *Proceedings of the 2nd Conference on Networking and Electronic Commerce Research (NAEC'06)*, Riva Del Garda (Italija), pp. 171-186 (2006)
72. Fischer & Lorenz (European Telecommunications Consultants): Internet and the Future Policy Framework for Telecommunications. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: <http://europa.eu.int/ISPO/infosoc/telecompolicy/en/Fischer31a.pdf>)(2000)
73. Podobnik, V., Petric, A., Trzec, K., Jezic, G.: Software Agents in New Generation Networks: Towards the Automation of Telecom Processes. U: *Knowledge Processing and Decision Making in Agent-Based Systems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2009) 71-99
74. Podobnik, V., Lovrek, I.: Multi-Agent System for Automation of B2C Processes in the Future Internet. U: *Proceedings of IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM) Workshops 2008, Phoenix (SAD)*, pp. 1-4 (2008)

75. Simon Torrance Limited: Telco 2.0 Manifesto. (dostupno preko poveznice: <http://www.telco2.net/manifesto/>)
76. ITU-T: M.3050 (Supplement 4): Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) - An eTOM primer. (2007)
77. Girardin, F., Calabrese, F., Fiore, F. D., Ratti, C., Blat, J.: Digital Footprinting: Uncovering Tourists with User-Generated Content. *IEEE Pervasive Computing* 7(4), 36-43 (2008)
78. Haklay, M., Weber, P.: OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. *IEEE Pervasive Computing* 7(4), 12-18 (2008)
79. Baladron, C., Aguiar, J., Carro, B., Sanchez-Esguevillas, A.: Integrating User-Generated Content and Pervasive Communications. *IEEE Pervasive Computing* 7(4), 58-61 (2008)
80. Jensen, C. S., Vicente, C. R., Wind, R.: User-Generated Content: The Case for Mobile Services. *IEEE Computer* 41(12), 116-118 (2008)
81. Crabtree, I., Soltysiak, S., Thint, M.: Adaptive personal agents. *Personal and Ubiquitous Computing* 2(3), 141-151 (1998)
82. He, M., Jennings, N., Leung, H.: On Agent-Mediated Electronic Commerce. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 15(4), 985-1003 (2003)
83. He, M.: Designing Bidding Strategies for Autonomous Trading Agents. University of Southampton School of Electronics and Computer Science, UK (2004)
84. Bradshaw, J.: *Software Agents*. MIT Press, Cambridge (USA) (1997)
85. Milicic, T., Podobnik, V., Petric, A., Jezic, G.: The CrocodileAgent: A Software Agent for SCM Procurement Gaming. *Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science* 5027, 865-875 (2008)
86. Podobnik, V., Petric, A., Jezic, G.: An Agent-Based Solution for Dynamic Supply Chain Management. *Journal of Universal Computer Science* 14(7), 1080-1104 (2008)
87. Petric, A., Podobnik, V., Grguric, A., Zemljic, M.: Designing an Effective E-Market: An Overview of the CAT Agent. U: *Proceedings of the 2008 AAAI Workshop on Trading Agent Design and Analysis (TADA'08)*, Chicago (SAD), pp. 62-65 (2008)
88. Sardinha, A., Benisch, M., Sadeh, N., Ravichandran, R., Podobnik, V., Stan, M.: The 2007 Procurement Challenge: A Competition to Evaluate Mixed Procurement Strategies. *Electronic Commerce Research and Applications* 8(2), 106-114 (2009)
89. Ceric, V., Varga, M.: *Informacijska tehnologija u poslovanju*. Element, Zagreb (2004)

90. Dumic, G., Podobnik, V., Jezic, G., Trzec, K., Petric, A.: An Agent-Based Optimization of Service Fulfillment in Next-Generation Telecommunication Systems. U: Proceedings of the 9th International Conference on Telecommunications (ConTEL'07), Zagreb (Hrvatska), pp. 57-63 (2007)
91. Petric, A., Podobnik, V., Jezic, G.: The CrocodileAgent: Analysis and Comparison with Other TAC SCM 2005 Agents. U: Proceedings of the AAMAS Workshop on Trading Agent Design and Analysis and Agent Mediated Electronic Commerce (TADA/AMEC'06), Hakodate (Japan), pp. 202-205 (2006)
92. Petric, A., Podobnik, V., Jezic, G.: The CrocodileAgent 2005: An Overview of TAC SCM Agent. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science 4452, 219-233 (2007)
93. Petric, A., Podobnik, V., Jezic, G.: The CrocodileAgent: Designing a Robust Trading Agent for Volatile E-Market Conditions. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science 4496, 597-606 (2007)
94. Podobnik, V., Petric, A., Jezic, G.: The CrocodileAgent: Research for Efficient Agent-Based Cross-Enterprise Processes. Lecture Notes in Computer Science 4277, 752-762 (2006)
95. Podobnik, V.: Programski agenti na elektroničkom tržištu. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, Hrvatska (2006)
96. Albayrak, S.: Agent-oriented technology for telecommunications: introduction. Communications of the ACM 44(4), 30-33 (2001)
97. Chorafas, D.: Agent Technology Handbook. McGraw-Hill, New York (1998)
98. Cockayne, W., Zyda, M.: Mobile Agents. Manning Publications, Greenwich (SAD) (1998)
99. Brenner, W., Zarnekow, R., Wittig, H.: Intelligent Software Agents Foundations and Applications. Springer-Verlag, Berlin (1998)
100. Nwana, H.: Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review 11(3), 205-244 (1996)
101. Fasli, M.: Agent Technology For E-Commerce. John Wiley & Sons, Chichester (2007)
102. Boudriga, N., Obaidat, M.: Intelligent Agents on the Web: A Review. IEEE Computing in Science & Engineering 6(4), 35-42 (2004)
103. van Bragt, D.D.B., La Poutre, J.A.: Why agents for automated negotiations should be adaptive. Netnomics 5, 101-118 (2003)
104. Weiser, M.: The Computer for the 21st Century. Scientific American 265(3), 94-104 (1991)
105. Weiser, M.: The World is not a Desktop. ACM Interactions 1(1), 7-8 (1994)

106. Weiser, M., Brown, J.: The Coming Age of Calm Technology. U: Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing. Springer-Verlag, New York (1997) 75-86
107. Jung, J.: Shared Context for Knowledge Distribution: A Case Study of Collaborative Taggings. Lecture Notes in Computer Science 5027, 641-648 (2008)
108. Kraft, R., Chang, C., Maghoul, F., Kumar, R.: Searching with context. U: Proceedings of the 15th International Conference on World Wide Web (WWW'06), New York (SAD), pp. 477-486 (2006)
109. Kwon, O.: Multi-agent system approach to context-aware coordinated web services under general market mechanism. Decision Support Systems 41(2), 380-399 (2006)
110. Ranganathan, A., Campbell, R.: An infrastructure for context-awareness based on first order logic. Personal and Ubiquitous Computing 7(6), 353-364 (2003)
111. Rashid, O., Coulton, P., Edwards, R.: Implementing Location Based Information/Advertising for Existing Mobile Phone Users in Indoor/Urban Environments. U: Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Mobile Business (ICMB'05), Sydney (Australija), pp. 377-383 (2005)
112. Dietze, S., Gugliotta, A., Domingue, J.: Bridging the Gap between Mobile Application Contexts and Semantic Web Resources. U: Context-Aware Mobile and Ubiquitous Computing for Enhanced Usability: Adaptive Technologies and Applications. Information Science Publishing (IGI Global), London (2008) 217-234
113. Bentley, F., Metcalf, C. J.: The Use of Mobile Social Presence. IEEE Pervasive Computing 8(4), 35-41 (2009)
114. Bellavista, P., Corradi, A., Montanari, R., Tonin, A.: Context-Aware Semantic Discovery for Next Generation Mobile Systems. IEEE Communications 44(9), 62-71 (2006)
115. Panagiotakis, S., Alonistioti, A.: Context-Aware Composition of Mobile Services. IEEE IT Pro 8(4), 38-43 (2006)
116. Petric, A., Trzec, K., Jurasovic, K., Podobnik, V., Jezic, G., Kusek, M., Ljubi, I.: Agent-based support for context-aware provisioning of IMS-enabled ubiquitous services. Lecture Notes in Computer Science 5907, 71-82 (2009)
117. Amin, M., Ballard, D.: Defining New Markets for Intelligent Agents. IEEE IT Professional 2(4), 29-35 (2000)
118. Jezic, G., Kusek, M., Sinkovic, V.: Teamwork Coordination in Large-Scale Mobile Agent Network. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science 4251, 236-243 (2006)
119. Kusek, M., Lovrek, I., Sinkovic, V.: Agent Team Coordination in the Mobile Agent Network. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science 3053, 240-246 (2005)
120. Ljubi, I., Podobnik, V., Jezic, G.: Cooperative Mobile Agents for Automation of Service Provisioning: A Telecom Innovation. U: Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Digital Information Management (ICDIM'07), Lyon (Francuska), pp. 817-822 (2007)

121. Hendler, J.: Agents and the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems* 16(2), 30-37 (2001)
122. Tamma, V., Payne, T.: Is a Semantic Web Agent a Knowledge-Savvy Agent? *IEEE Intelligent Systems* 23(4), 82-85 (2008)
123. Lange, D., Oshima, M.: Seven Good Reasons for Mobile Agents. *Communications of the ACM* 42(3), 88-89 (1999)
124. Mahmoud, Q. H., Yu, L.: Making Software Agents User-Friendly. *IEEE Computer* 39(7), 96-95 (2006)
125. Lu, H., Lane, N., Eisenman, S., Campbell, A.: Bubble-sensing: Binding sensing tasks to the physical world. *Pervasive and Mobile Computing* 6(1), 58-71 (2010)
126. Pharow, P., Blobel, B., Ruotsalainen, P., Petersen, F., Hovsto, A.: Portable Devices, Sensors and Networks: Wireless Personalized eHealth Services. *Studies in Health Technology and Informatics* 150, 1012-1016 (2009)
127. Kanjo, E., Bacon, J., Roberts, D., Landshoff, P.: MobSens: Making Smart Phones Smarter. *IEEE Pervasive Computing* 8(4), 50-57 (2009)
128. Bieber, G., Voskamp, J., Urban, B.: Activity Recognition for Everyday Life on Mobile Phones. *Lecture Notes in Computer Science* 5615, 289-296 (2009)
129. Kwok, R.: Personal technology: Phoning in data. *Nature* 458, 959-961 (2009)
130. Butler, A., Izadi, S., Hodges, S.: SideSight: multi-"touch" interaction around small devices. U: Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User Interface Software and Technology (UIST'08), Monterey (SAD), pp. 201-204 (2008)
131. Wright, A.: Get Smart. *Communications of the ACM* 52(1), 15-16 (2009)
132. Want, R.: You are Your Cell Phone. *IEEE Pervasive Computing* 7(2), 2-4 (2008)
133. Gauch, S., Speretta, M., Chandramouli, A., Micarelli, A.: User Profiles for Personalized Information Access. *Lecture Notes in Computer Science* 4321, 54-89 (2007)
134. Malone, T., Grant, K., Turbak, F., Brobst, S., Cohen, M.: Intelligent Information Sharing Systems. *Communications of ACM* 30(5), 390-402 (1987)
135. Chesnais, P., Mucklo, M., Sheena, J.: The Fishwrap Personalized News System. U: Proceedings of IEEE 2nd International Workshop on Community Networking: Integrating Multimedia Services to the Home, Princeton (SAD), pp. 275-282 (1995)
136. Chen, Y.-S., Shahabi, C.: Automatically improving the accuracy of user profiles with genetic algorithm. U: Proceedings of IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'01), Cancun (Meksiko), pp. 283-288 (2001)



137. Sheth, B.: A Learning Approach to Personalized Information Filtering. Magistarski rad, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, SAD (1994)
138. Konstan, J., Miller, B., Maltz, D., Herlocker, J., Gordon, L., Riedl, J.: GroupLens: Applying Collaborative Filtering To Usenet News. *Communications of the ACM* 40(3), 77-87 (1997)
139. Pazzani, M.: A Framework for Collaborative, Content-Based and Demographic Filtering. *Artificial Intelligence Review* 13(5-6), 393-408 (1999)
140. Panayiotou, C., Samaras, G.: mPERSONA: Personalized Portals for the Wireless User: An Agent Approach. *Mobile Networks and Applications* 9(6), 663-677 (2004)
141. Celma, O., Serra, X.: FOAFing the music: Bridging the semantic gap in music recommendation. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6(4), 250-256 (2008)
142. Ozen, B., Kilic, O., Altinel, M., Dogac, A.: Highly Personalized Information Delivery to Mobile Clients. *Wireless Networks* 10(6), 665-683 (2004)
143. Bonnin, J.-M., Lassoued, I., Hamouda, Z.: Automatic Multi-Interface Management through Profile Handling. *Mobile Networks and Applications* 14(1), 4-17 (2009)
144. Eagle, N., Pentland, A.: Social Serendipity: Mobilizing Social Software. *IEEE Pervasive Computing* 4(2), 28-34 (2005)
145. Basuga, M., Belavic, R., Slipcevic, A., Podobnik, V., Petric, A., Lovrek, I.: The MAgNet: Agent-based Middleware Enabling Social Networking for Mobile Users. U: *Proceedings of the 10th International Conference on Telecommunications (ConTEL'09)*, Zagreb (Hrvatska), pp. 89-96 (2009)
146. Lee, W.-P.: Deploying personalized mobile services in an agent-based environment. *Expert systems with Applications* 32(4), 1194-1207 (2007)
147. Anthony, D., Kotz, D., Henderson, T.: Privacy in Location-Aware Computing Environments. *IEEE Pervasive Computing* 6(4), 64-72 (2007)
148. Myles, G., Friday, A., Davies, N.: Preserving privacy in environments with location-based applications. *IEEE Pervasive Computing* 2(1), 56-64 (2003)
149. Harrison, B., Dey, A.: What Have You Done with Location-Based Services Lately? *IEEE Pervasive Computing* 8(4), 66-70 (2009)
150. Beresford, A., Stajano, F.: Location Privacy in Pervasive Computing. *IEEE Pervasive Computing* 2(1), 46-55 (2003)
151. Gross, R., Acquisti, A., Heinz, H.: Information revelation and privacy in online social networks. U: *Proceedings of the 2005 ACM Workshop on Privacy in the Electronic Society (WPES'05)*, Alexandria (SAD), pp. 71-80 (2005)

152. Hoadley, C. M., Xu, H., Lee, J. J., Rosson, M. B.: Privacy as information access and illusory control: The case of the Facebook News Feed privacy outcry. *Electronic Commerce Research and Applications* 9(1), 50-60 (2010)
153. Anton, A., Earp, J., Young, J.: How Internet Users' Privacy Concerns Have Evolved since 2002. *IEEE Security & Privacy* 8(1), 21-27 (2010)
154. Mukhtar, H., Belaid, D., G., B.: A model for resource specification in mobile services. U: *Proceedings of the 3rd International Workshop on Services integration in Pervasive Environments (SIPE'08)*, Sorrento (Italija), pp. 37-42 (2008)
155. Al-Masri, E., Mahmoud, Q.: A context-aware mobile service discovery and selection mechanism using artificial neural networks. U: *Proceedings of the 8th international Conference on Electronic Commerce (ICEC'06)*, Fredericton (Kanada), pp. 594-598 (2006)
156. Mahmoud, Q., Wang, Z.: Customizing and delivering mobile services using software agents and CC/PP. U: *Proceedings of the 3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC'06)*, Las Vegas (SAD), pp. 1114-1118 (2006)
157. Smith, C., Butler, M.: Validating CC/PP and UAProf profiles. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: <http://www.hpl.hp.com/techreports/2002/HPL-2002-268.pdf>) (2002)
158. Hinz, M., Fiala, Z.: Context Modeling for Device-and Location-Aware Mobile Web Applications. U: *Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Computing (Pervasive'05)*, Minhen (Njemačka), pp. 48-51 (2005)
159. Frkovic, F., Podobnik, V., Trzec, K., Jezic, G.: Agent-Based User Personalization Using Context-Aware Semantic Reasoning. *Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science* 5177, 166-173 (2008)
160. WAP Forum: WAP-248-UAPROF-20011020-a. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: <http://www.openmobilealliance.org/tech/affiliates/wap/wap-248-uaprof-20011020-a.pdf>) (2001)
161. Mika, P.: Flink: Semantic Web technology for the extraction and analysis of social networks. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 3(2-3), 211-223 (2005)
162. Finin, T., Ding, L., Zhou, L., Joshi, A.: Social networking on the semantic web. *The Learning Organization* 12(5), 418-435 (2005)
163. Ding, L., Zhou, L., Finin, T., Joshi, A.: How the Semantic Web is Being Used: An Analysis of FOAF Documents. U: *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05)*, Hawaii (SAD), (2005)
164. Berners-Lee, T.: *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web*. HarperCollins Publishers, New York (2000)

165. Sycara, K., Paolucci, M., Anolekar, A., Srinivasa, N.: Automated Discovery, Interaction and Composition of Semantic Web Services. *Journal of Web Semantics* 1(1), 27-46 (2004)
166. Walton, C.: *Agency and the Semantic Web*. Oxford University Press, New York (2007)
167. Grimm, S., Motik, B.: Closed World Reasoning in the Semantic Web through Epistemic Operators. U: *Proceedings of the OWL Experiences and Directions (OWLED'05)*, Galway (Irska), (2005)
168. Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O.: The Semantic Web. *Scientific American* 284(5), 34-43 (2001)
169. Fensel, D.: *Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*. Springer-Verlag, Berlin (2004)
170. Cardoso, J., Sheth, A.: *Semantic Web Services, Processes and its Applications*. Springer-Verlag, Berlin (2006)
171. Benjamins, V., Davies, J., Baeza-Yates, R., Mika, P., Zaragoza, H., Greaves, M., Gomez-Perez, J., Contreras, J., Domingue, J., Fensel, D.: Near-Term Prospects for Semantic Technologies. *IEEE Intelligent Systems* 23(1), 76-88 (2008)
172. Davis, M.: *Semantic Wave 2008 Report: Industry Roadmap to Web 3.0 & Multibillion Dollar Market Opportunities*. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: [http://www.isoco.com/pdf/Semantic\\_Wave\\_2008-Executive\\_summary.pdf](http://www.isoco.com/pdf/Semantic_Wave_2008-Executive_summary.pdf)) (2007)
173. Singh, R., Iyer, L., Salam, A.: The Semantic E-Business Vision-Introduction. *Communications of the ACM* 48(12), 38-42 (2005)
174. Zhao, Y., Sandahl, K.: Potential Advantages of Semantic Web for Internet Commerce. U: *Proceedings of the 5th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS'03)*, Angers (Francuska), pp. 151-158 (2003)
175. Sheth, A., Perry, M.: Traveling the Semantic Web through Space, Time, and Theme. *IEEE Internet Computing* 12(2), 81-86 (2008)
176. Antoniou, G., van Harmelen, F.: *Semantic Web Primer*. MIT Press, Cambridge (USA) (2004)
177. Jepsen, T.: Just What Is an Ontology, Anyway? *IT Pro* 11(5), 22-27 (2009)
178. Horrocks, I.: Ontologies and the Semantic Web. *Communications of the ACM* 51(12), 58-67 (2008)
179. Colomb, R. M.: *Ontology and the Semantic Web*. IOS Press, Amsterdam (2007)
180. Davenport, T., Prusak, L.: *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Harvard Business School Press, Boston (1997)
181. Buitelaar, P., Cimiano, P.: *Ontology Learning and population: Bridging the Gap between Text and Knowledge*. IOS Press, Amsterdam (2008)

182. Ackoff, R. L.: From Data to Wisdom. *Journal of Applied System Analysis* 16, 3-9 (1989)
183. Dimkovski, M., Deeb, K.: Knowledge Technology through Functional Layered Intelligence. *Future Generation Computer Systems* 23(3), 295-303 (2007)
184. Cardoso, J.: The Semantic Web Vision: Where are We? *IEEE Intelligent Systems* 22(5), 84-88 (2007)
185. Hendler, J.: The Dark Side of the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems* 22(1), 2-4 (2007)
186. Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D., Patel-Schneider, P.: *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge (2003)
187. Grimm, S., Hitzler, P.: Semantic Matchmaking of Web Resources with Local Closed-World Reasoning. *International Journal of Electronic Commerce* 12(2), 89-126 (2007)
188. Trzec, K.: Višeagentski sustav za upravljanje ugovorima o razini usluge na elektroničkom tržištu telekomunikacijskih usluga. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, Hrvatska (2005)
189. Codd, E. F.: A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM* 13(6), 377-387 (1970)
190. Chamberlin, D. D., Boyce, R. F.: SEQUEL: A Structured English Query Language. U: *Proceedings of 1974 ACM-SIGMOD Workshop on Data Description, Access and Control*, Ann Arbor (SAD), pp. 249-264 (1974)
191. Harris, S., Gibbins, N.: 3store: Efficient Bulk RDF Storage. U: *Proceedings of the 1st International Workshop on Practical and Scalable Semantic Systems (PSSS'03)*, Sanibel Island (SAD), pp. 1-15 (2003)
192. Batzios, A., Mitkas, P.: db4OWL: An Alternative Approach to Organizing and Storing Semantic Data. *IEEE Internet Computing* 13(6), 48-55 (2009)
193. Bechhofer, S., Horrocks, I., Turi, D.: The OWL Instance Store: System Description. *Lecture Notes in Computer Science* 3632, 177-181 (2005)
194. Wilkinson, K., Sayers, C., Kuno, H., Reynolds, D.: Efficient RDF Storage and Retrieval in Jena2. U: *Proceedings of the VLDB Workshop on Semantic Web and Databases*, Berlin (Njemačka), pp. 131-150 (2003)
195. Adams, T., Gearon, P., Wood, D.: Kowari: A Platform for Semantic Web Storage and Analysis. U: *Proceedings of the 14th International World Wide Web Conference (WWW'05)*, Chiba (Japan), (2005)
196. Broekstra, J., Kampman, A.: RDF(S) Manipulation, Storage and Querying using Sesame. U: *Demo Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference (ISWC'04)*, Hiroshima (Japan) (2004)
197. Broekstra, J., Kampman, A., van Harmelen, F.: Sesame: A Generic Architecture for Storing and Querying RDF and RDF Schema. *Lecture Notes in Computer Science* 2342, 54-68 (2002)

198. Schmidt, A.: Ubiquitous Computing: Are We There Yet? *IEEE Computer* 43(2), 95-97 (2010)
199. Saha, D., Mukherjee, A.: Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century. *IEEE Computer* 36(3), 25-31 (2003)
200. Garlan, D., Siewiorek, D., Smailagic, A., Steenki, P.: Project Aura: Toward Distraction-Free Pervasive Computing. *IEEE Pervasive Computing* 1(2), 22-31 (2002)
201. Reynolds, F.: Camera Phones: A Snapshot of Research and Applications. *IEEE Pervasive Computing* 7(2), 16-19 (2008)
202. Hardy, R., Rukzi, E.: Touch & interact: touch-based interaction of mobile phones with displays. U: Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI'08), Amsterdam (Nizozemska), pp. 245-254 (2008)
203. Ebling, M., Corner, M.: Green Cell Phones and Mobile Skype Finally Arrive. *IEEE Pervasive Computing* 8(2), 6-7 (2009)
204. Wey, J., Luken, J., Heiles, J.: Standardization Activities for IPTV Set-Top Box Remote Management. *IEEE Internet Computing* 13(3), 32-39 (2009)
205. Ahmad, K., Begen, A.: IPTV and Video networks in the 2015 Timeframe: The Evolution to Medianets. *IEEE Communications* 47(12), 68-74 (2009)
206. Hernandez, E.: War of the Mobile Browsers. *IEEE Pervasive Computing* 8(1), 82-85 (2009)
207. Hwang, R.-H., Tsai, S.-Y., Wang, C.-Y.: UbiPhone: Human-Centered Ubiquitous Phone System. *IEEE Pervasive Computing* 8(2), 40-47 (2009)
208. Diaz, A., Merino, P., Rivas, F.: Mobile Application Profiling for Connected Mobile Devices. *IEEE Pervasive Computing* 9(1), 54-61 (2010)
209. Kanter, T.: Attaching Context-Aware Services to Moving Locations. *IEEE Internet Computing* 7(2), 43-51 (2003)
210. Mulloni, A., Wagner, D., Schmalstieg, D., Barakonyi, I.: Indoor Positioning and Navigation with Camera Phones. *IEEE Pervasive Computing* 8(2), 22-31 (2009)
211. Bellavista, P., Kupper, A., Helal, S.: Location-Based Services: Back to the Future. *IEEE Pervasive Computing* 7(2), 85-89 (2008)
212. Kim, E., Helal, S., Cook, D.: Human Activity Recognition and Pattern Discovery. *IEEE Pervasive Computing* 9(1), 48-53 (2010)
213. Lai, H. F.: Identify Implicit Social Network by RST/FL Framework. U: Proceedings of the 2009 International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining (ASONAM'09), Atena (Grčka), pp. 362-363 (2009)

214. de Nooy, W., Mrvar, A., Batagelj, V.: *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. Cambridge University Press (2005)
215. Read, R.C., Wilson, R.J.: *An Atlas of Graphs (Mathematics)*. Oxford University Press, New York (SAD) (2005)
216. Heer, J., Boyd, D.: Vizster: visualizing online social networks. U: *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS'05)*, Minneapolis (SAD), pp. 32-39 (2005)
217. Everett, M.G., Borgatti, S.P.: An extension of regular colouring of graphs to digraphs, networks and hypergraphs. *Social Networks* 15(3), 237-254 (1993)
218. Saltz, J.S., Hiltz, S.R., Turoff, M.: Student social graphs: visualizing a student's online social network. U: *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'04)*, Chicago (SAD), pp. 596-599 (2004)
219. Padgett, J.F., Ansell, C.K.: Robust action and the rise of the Medici, 1400-1434. *The American Journal of Sociology* 99, 1259-1319 (1993)
220. Iacobucci, D., Wasserman, S.: Social networks with two sets of actors. *Psychometrika* 55(4), 707-720 (1990)
221. Eubank, S., Guclu, H., Kumar, V. S. A., Marathe, M. V., Srinivasan, A., Toroczkai, Z., Wang, N.: Modelling disease outbreaks in realistic urban social networks. *Nature* 429, 180-184 (2004)
222. Mika, P.: Ontologies are us: A unified model of social networks and semantics. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 5(1), 5-15 (2007)
223. Kossinets, G.: Effects of missing data in social networks. *Social Networks* 28(3), 247-268 (2006)
224. Caldarelli, G., Catanzaro, M.: The corporate boards networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 338, 98-106 (2004)
225. White, D. R., Reitz, K. P.: Graph and semigroup homomorphisms on networks of relations. *Social Networks* 5(2), 193-234 (1983)
226. Cattuto, C., Schmitz, C., Baldassarri, A., Servedio, V. D., Loreto, V., Hotho, A., Grahl, M., Stumme, G.: Network properties of folksonomies. *AI Communications* 20(4), 245-262 (2007)
227. Bonacich, P., Cody Holdren, A., Johnston, M.: Hyper-edges and multidimensional centrality. *Social Networks* 26(3), 189-203 (2004)
228. Di Noia, T., Di Sciascio, E., Donini, F., Mong, M.: A System for Principled Matchmaking in an Electronic Marketplace. *International Journal of Electronic Commerce* 8(4), 9-37 (2004)
229. Colucci, S., Coppi, S., Di Noia, T., Di Sciascio, E., Donini, F., Pinto, A., Ragone, A.: Semantic-Based Resource Retrieval Using Non-Standard Inference Services in Description Logics. U: *Proceedings of the 13th Italian Symposium on Advanced Database Systems (SEBD'05)*, Brixen-Bressanone (Italija), pp. 232-239 (2005)

230. Bandara, A.: Semantic Description and Matching of Services for Pervasive Environments. Doktorska disertacija, University of Southampton, Southampton, UK (2008)
231. Colucci, S., Noia, T., Sciascio, E., Donini, F., Mongiello, M.: Concept Abduction and Contraction for Semantic-Based Discovery of Matches and Negotiation Spaces in an E-Marketplace. *Electronic Commerce Research and Applications* 4(4), 345-361 (2005)
232. Lindberg, J., Paskan, W., Kranenborg, K., Stegeman, J.: Improving Service Matching and Selection in Ubiquitous Computing Environments: A User Study. *Personal and Ubiquitous Computing* 11(1), 59-68 (2007)
233. Agarwal, S., Lamparter, S.: SMART - A Semantic Matchmaking Portal for Electronic Markets. U: Proceedings of the 7th IEEE International Conference on E-Commerce Technology (CEC'05), pp. 405-408 (2005)
234. Antoniou, G., Skylogiannis, T., Bikakis, A., Doerr, M., Bassiliades, N.: DR-BROKERING: A semantic brokering system. *Knowledge-Based Systems* 20(1), 61-72 (2007)
235. Bener, A.B., Ozadali, V., Ilhan, S.E.: Semantic matchmaker with precondition and effect matching using SWRL. *Expert Systems with Applications* 36(5), 9371-9377 (2009)
236. Hu, W., Qu, Y.: Falcon-AO: A practical ontology matching system. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6(3), 237-239 (2008)
237. Doshi, P., Kolli, R., Thomas, C.: Inexact matching of ontology graphs using expectation-maximization. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 7(2), 90-106 (2009)
238. Jung, J.: Taxonomy alignment for interoperability between heterogeneous virtual organizations. *Expert Systems with Applications* 34(4), 2721-2731 (2008)
239. Grigori, D., Corrales, J., Bouzeghoub, M.: Behavioral matchmaking for service retrieval: Application to conversation protocols. *Information Systems* 33(7-8), 681-698 (2008)
240. Bianchini, D., De Antonellis, V., Melchiori, M.: Flexible Semantic-Based Service Matchmaking and Discovery. *World Wide Web* 11(2), 227-251 (2008)
241. Fenza, G., Loia, V., Senatore, S.: A hybrid approach to semantic web services matchmaking. *International Journal of Approximate Reasoning* 48(3), 808-828 (2008)
242. Trzec, K., Devlic, A., Jezic, G., Kusek, M., Desic, S.: Semantic Matchmaking of Advanced Personalized Mobile Services using Intelligent Agents. U: Proceedings of the 12th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM'04), pp. 387-391 (2004)
243. Mecar, I., Devlic, A., Trzec, K.: Agent-oriented Semantic Discovery and Matchmaking of Web Services. U: Proceedings of the 8th International Conference on Telecommunications (ConTEL'05), Zagreb (Hrvatska), pp. 603-607 (2005)

244. Tang, S.: Matching of Web Services Specifications Using DAML-S Descriptions. Diplomski rad, Technical University of Berlin, Berlin, Njemačka (2004)
245. Li, L., Horrock, I.: A Software Framework for Matchmaking Based on Semantic Web Technology. U: 12th International World Wide Web Conference (WWW'03), Budimpešta (Mađarska), pp. 331–339 (2003)
246. Sycara, K., Paolucci, M., Soudry, J., Srinivasan, N.: Dynamic Discovery and Coordination of Agent-Based Semantic Web Services. *IEEE Internet Computing* 8(3), 66-73 (2004)
247. Kiefer, C., Bernstein, A.: The Creation and Evaluation of iSPARQL Strategies for Matchmaking. *Lecture Notes in Computer Science* 5021, 463-478 (2008)
248. Liu, M., Shen, W., Hao, Q., Yan, J.: An weighted ontology-based semantic similarity algorithm for web service. *Expert Systems with Applications* 36(10), 12480-12490 (2009)
249. Podobnik, V.: Semantic Agents Coordination. U: Proceedings of the 5th Ericsson Nikola Tesla Summer Camp 2005, Zagreb (Hrvatska), pp. 332-395 (2005)
250. Podobnik, V., Trzec, K., Jezic, G., Lovrek, I.: Agent-Based Discovery of Data Resources in Next-Generation Internet: An Auction Approach. U: Proceedings of the 2007 Networking and Electronic Commerce Research Conference (NAEC'07), Riva del Garda (Italija), pp. 28-51 (2007)
251. Podobnik, V., Jezic, G., Trzec, K.: An Agent-Mediated Electronic Market of Semantic Web Services. U: Proceedings of the AAMAS Workshop on Business Agents and the Semantic Web (BASeWEB'06), Hakodate (Japan), pp. 1-10 (2006)
252. Podobnik, V., Trzec, K., Jezic, G.: An Auction-Based Semantic Service Discovery Model for E-Commerce Applications. *Lecture Notes in Computer Science* 4277, 97-106 (2006)
253. Dietze, S., Gugliotta, A., Domingue, J.: Conceptual Situation Spaces for Semantic Situation-Driven Processes. *Lecture Notes in Computer Science* 5021, 599-613 (2008)
254. Klusch, M., Fries, B., Sycara, K.: Automated Semantic Web Service Discovery with OWLS-MX. U: Proceedings of the 5th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'06), Hakodate (Japan), pp. 915-922 (2006)
255. Klusch, M., Fries, B., Sycara, K.: OWLS-MX: A hybrid Semantic Web service matchmaker for OWL-S services. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 7(2), 121-133 (2009)
256. Travers, J., Milgram, S.: An Experimental Study of the Small World Problem. *Sociometry* 32(4), 425-443 (1969)
257. Milgram, S.: The Small-world Problem. *Psychology Today* 1(1), 61-67 (1967)
258. Brown, R.: *Social psychology*. Free Press, New York (1965)
259. Granovetter, M.: The strenght of week ties. *American Journal of Sociology* 78(6), 1360-1380 (1973)



260. Fischer, C.: To dwell among friends. University of Chicago Press, Chicago (1982)
261. Wellman, B.: The community question: the intimate networks of east yorkers. *American Journal of sociology* 84(5), 1201-1233 (1979)
262. Freeman, L. C.: Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks* 1(3), 215-239 (1979)
263. Mizruchi, M. S.: The corporate board network. Sage, Thousand Oaks (1982)
264. Wallerstein, I.: The modern world system: Capitalist agriculture and the origins of the european world economy in the sixteenth century. Academic Press, New York (1997)
265. Rogers, E.: Diffusion of innovations. Free Press, New York (1995)
266. Wellman, B., Wellman, B.: Domestic Affairs and Network Relations. *Journal of Social and Personal Relationships* 9, 385-409 (1992)
267. Tilly, C.: Big Structures, Large Processes, Huge Comparisons. Russell Sage Foundation, New York (1984)
268. Salaff, J. W., Fong, E., Wong, S.-I.: Using Social Networks to Exit Hong Kong. U: *Networks in the Global Village: Life in Contemporary Communities*. Westview Press, Boulder (1999) 299-330
269. Nohria, N., Eccles, R. G.: *Networks and Organizations: Structure, Form, and Action*. Harvard Business School Press, Boston (1992)
270. Hogan, B.: Analyzing Social Networks via the Internet. U: *The Handbook of Online Research Methods*. Sage, Thousand Oaks (2008)
271. Golder, S. A., Wilkinson, D., Huberman, B. A.: Rhythms of social interaction: messaging within a massive online network. U: *Proceedings of 3rd International Conference on Communities and Technologies (C&T'07)*, London (UK), pp. 41-66 (2007)
272. Lampe, C.A., Ellison, N., Steinfield, C.: A familiar face(book): profile elements as signals in an online social network. U: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'07)*, San Jose (SAD), pp. 435-444 (2007)
273. Kumar, R., Novak, J., Tomkins, A.: Structure and evolution of online social networks. U: *Proceedings of the 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'06)*, Philadelphia (SAD), pp. 611-617 (2006)
274. Hsu, W.H., Lancaster, J., Paradesi, M.S.R., Weninger, T.: Structural link analysis from user profiles and friends networks: A feature construction approach. U: *Proceedings of The International Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM'07)*, Boulder (SAD), pp. 75-80 (2007)

275. Herring, S.C., Paolillo, J.C., Ramos-Vielba, I., Kouper, I., Wright, E., Stoerger, S., Scheidt, L.A., Clark, B.: Language Networks on LiveJournal. U: Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07), Hawaii (SAD), p. 79 (2007)
276. Liben-Nowell, D., Novak, J., Kumar, R., Raghavan, P., Tomkins, A.: Geographic routing in social networks. Proceedings of the National Academy of Sciences 102(33), 11623-11628 (2005)
277. Backstrom, L., Huttenlocher, D., Kleinberg, J., Lan., X.: Group Formation in Large Social Networks: Membership, Growth, and Evolution. U: Proceedings 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'06), Philadelphia (SAD), pp. 44-54 (2006)
278. Spertus, E., Sahami, M., Buyukkokten, O.: Evaluating similarity measures: a large-scale study in the orkut social network. U: Proceedings of the 11th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery in Data Mining (KDD'05), Chicago (SAD), pp. 678-684 (2005)
279. Liu, H., Maes, P., Davenport, G.: Unraveling the Taste Fabric of Social Networks. International Journal on Semantic Web and Information Systems 2(1), 42-71 (2006)
280. Mika, P., Elfring, T., Groenewegen, P.: Application of semantic technology for social network analysis in the sciences. Scientometrics 68(1), 3-27 (2006)
281. Mika, P.: Bootstrapping the FOAF-Web: An Experiment in Social Network Mining. (tehnički izvještaj, dostupno preko poveznice: <http://www.cs.vu.nl/~pmika/research/foaf-ws/mining.html>) (2004)
282. Wasserman, S., Faust, K.: Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge University Press, Cambridge (UK) (1994)
283. Halkidi, M., Batistakis, Y., Vazirgiannis, M.: On Clustering Validation Techniques. Journal of Intelligent Information Systems 17(2-3), 107-145 (2001)
284. Giuffrida, G., Sismeiro, C., Tribulato, G.: Automatic content targeting on mobile phones. U: Proceedings of the 11th International Conference on Extending Database Technology, New York (SAD), pp. 630-639 (2008)
285. Amato, G., Rabitti, F., Savino, P., Zezula, P.: Region proximity in metric spaces and its use for approximate similarity search. ACM Transactions on Information Systems 21(2), 192-227 (2003)
286. Martinez, V., Simari, G. I., Sliva, A., Subrahmanian, V. S.: CONVEX: Similarity-Based Algorithms for Forecasting Group Behavior. IEEE Intelligent Systems 23(4), 51-57 (2008)
287. Garofalakis, J., Giannakoudi, T., Vopi, A.: Personalized Web Search by Constructing Semantic Clusters of User Profiles. Lecture Notes in Computer Science 5178, 238-247 (2008)
288. Chiang, M. M.-T., Mirkin, B.: Experiments for the Number of Clusters in K-Means. Lecture Notes in Computer Science 4874, 395-405 (2007)

289. Wei, C.-P., Hu, P., Kung, L.-M., Tan, J.: A Multiple-Level Clustering Approach for E-Health Data Mining. U: *E-Health Care Information Systems: An Introduction for Students and Professionals*. Jossey-Bass (Wiley), New York (2005) 330-351
290. Sanchez, D.D., Lopez, A.M., Mendoza, F.A., Vazquez, C.C., Garcia-Rubio, C.: Context awareness in network selection for dynamic environments. *Telecommunication Systems* 36(1-3), 49-60 (2007)
291. Huisman, M., van Duijn, M.A.J.: Software for Social Network Analysis. U: *Proceedings of the 6th International Conference on Logic and Methodology, Amsterdam (Nizozemska), (2004)*
292. Batagelj, V., Mrvar, A.: *Pajek – Analysis and Visualization of Large Networks*. U: *Graph Drawing Software*. Springer, Berlin (Njemačka) (2003) 77-103
293. Huisman, M., van Duijn, M. A. J.: StOCNET: Software for the statistical analysis of social networks. *Connections* 25(1), 7-26 (2003)
294. Bojars, U., Breslin, J., Peristeras, V., Tummarello, G., Decker, S.: Interlinking the Social Web with Semantics. *IEEE Intelligent Systems* 23(3), 29-40 (2008)
295. Gruber, T.: Collective knowledge systems: Where the Social Web meets the Semantic Web. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6(1), 4-13 (2008)
296. Hendler, J., Goldbeck, J.: Metcalfe's law, Web 2.0, and the Semantic Web. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6(1), 14-20 (2008)
297. Ankolekar, A., Krotzsch, M., Tran, T., Vrandečić, D.: The two cultures: Mashing up Web 2.0 and the Semantic Web. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6(1), 70-75 (2008)
298. Hendler, J.: Web 3.0: Chicken Farms on the Semantic Web. *IEEE Computer* 41(1), 106-108 (2008)
299. Bojars, U., Breslin, J., Finn, A., Decker, S.: Using the Semantic Web for linking and reusing data across Web 2.0 communities. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6(1), 21-28 (2008)
300. Bellifemine, F., Caire, G., Greenwood, D.: *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. John Wiley & Sons, Chichester (2007)
301. Kiryakov, A., Ognyanov, D., Manov, D.: OWLIM – A Pragmatic Semantic Repository for OWL. *Lecture Notes in Computer Science* 3807, 182-192 (2005)
302. Podobnik, V., Petric, A., Trzec, K., Galetic, V., Jezic, G.: Agent-based Provisioning of Group-oriented Non-linear Telecommunication Services. *Lecture Notes in Computer Science* 5796, 193-204 (2009)
303. Nandan, A., Das, S., Pau, G., Gerla, M.: Co-Operative Downloading in Vehicular Ad Hoc Wireless Networks. U: *Proceedings of the 2nd Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS'05), St. Moritz (Švicarska), pp. 32-41 (2005)*

304. Zhang, J., Zhang, Q., Jia, W.: A Novel MAC Protocol for Cooperative Downloading in Vehicular Networks. U: Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'07), Washington (SAD), pp. 4974-4978 (2007)
305. Bojic, I., Podobnik, V., Kusek, M.: Agent-Enabled Collaborative Downloading: Towards Energy-Efficient Provisioning of Group-Oriented Services. Lecture Notes in Computer Science 6071, 62-71 (2010)
306. Vrdoljak, L., Bojic, I., Podobnik, V., Kusek, M.: The AMiGO-Mob: Agent-based Middleware for Group-oriented Mobile Service Provisioning. U: Proceedings of the 10th International Conference on Telecommunications (ConTEL'09), Zagreb (Hrvatska), pp. 97-104 (2009)
307. He, S., Cattelan, R.G., Kirovski, D.: Modeling viral economies for digital media. ACM SIGOPS Operating Systems Review 42(4), 149-162 (2008)
308. Domingos, P., Richardson, M.: Mining the network value of customers. U: Proceedings of the 7th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'01), New York (SAD), pp. 57-66 (2001)
309. Carnes, T., Nagarajan, C., Wild, S., Zuylen, A.: Maximizing influence in a competitive social network: a follower's perspective. U: Proceedings of the 9th International Conference on Electronic Commerce (ICEC'07), New York (SAD), pp. 351-360 (2007)
310. Hill, S., Provost, F., Volinsky, C.: Network-Based Marketing: Identifying Likely Adopters via Consumer Networks. Statistical Science 21(2), 256 (2006)
311. Dobeles, A., Lindgreen, A., Beverland, M., Vanhamme, J., Wijk, R.: Why pass on viral messages? Because they connect emotionally. Business Horizons 50(4), 291-304 (2007)
312. Watts, D.J., Peretti, J.: Viral Marketing for the Real World. Harvard Business Review 85(5), 22-23 (2007)
313. Asch, S.E.: Studies of independence and conformity: a minority of one against a unanimous majority. Psychological Monographs 70(9), 70 (1956)
314. Katz, E., Lazarsfeld, P.F., Roper, E.: Personal Influence: The Part Played by People in the Flow of Mass Communications. Free Press, Glencoe (1955)
315. Leskovec, J., Adamic, L., Huberman, B.: The dynamics of viral marketing. ACM Transactions in the Web 1(1), art. no. 5 (2007)
316. Godes, D., Mayzlin, D.: Firm-Created Word-of-Mouth Communication: Evidence from a Field Study. Marketing Science 28(4), 721-739 (2009)

# Prilog: korisnički profili

U nastavku se nalazi deset korisničkih profila korištenih u studijskim primjerima.

## PROFIL 1

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User1.owl">

  <!-- profile for User1's mobile phone Sony Ericsson K700 -->

  <is:MobilePhoneProfile rdf:ID="SonyEricssonK700">

  <!-- hardware -->
  <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">18000</is:hasAvailableMemory>
  <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">180</is:hasHorizontalScreenResolution>
  <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">230</is:hasVerticalScreenResolution>
  <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">16</is:hasScreenBitsPerPixel>
  <is:hasImei rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">35461002-303538-0-34</is:hasImei>

  <!-- software -->
  <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#BasicOs"/>
  <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#SonyEricssonBrowser"/>
  <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">15</is:hasJavaVersion>

  <!-- user preferences -->
  <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#PlainText"/>
  <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#CroatiaPoliticsInstance"/>
  <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
  <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#RockMusic"/>
  <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Silver"/>
  <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#NonStreaming"/>

  <!-- context -->
  <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
  <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Ina"/>
  <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">50.21389</is:hasCoordinatesX>
  <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">48.21389</is:hasCoordinatesY>
  <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Night"/>
  <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WritingPresentation"/>

  </is:MobilePhoneProfile>
</rdf:RDF>
```

## PROFIL 2

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User2.owl">

  <!-- profile for User2's mobile phone Sony Ericsson K800 -->

  <is:MobilePhoneProfile rdf:ID="SonyEricssonK800">

  <!-- hardware -->
  <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">256000</is:hasAvailableMemory>
  <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">200</is:hasHorizontalScreenResolution>
  <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">270</is:hasVerticalScreenResolution>
  <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">18</is:hasScreenBitsPerPixel>
  <is:hasImei rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">35340601-480004-1-12</is:hasImei>

  <!-- software -->
  <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#BasicOs"/>
  <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#SonyEricssonBrowser"/>
  <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">15</is:hasJavaVersion>

  <!-- user preferences -->
  <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Jpeg"/>
  <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MusicNewsInstance"/>
  <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
  <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#PopMusic"/>
  <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Silver"/>
  <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#NonStreaming"/>

  <!-- context -->
  <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#OuterSpace"/>
  <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#BadKleinkirchheim"/>
  <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.21389</is:hasCoordinatesX>
  <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">28.21389</is:hasCoordinatesY>
  <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Day"/>
  <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#skiing"/>

  </is:MobilePhoneProfile>
</rdf:RDF>

```

## PROFIL 3

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User3.owl">

  <!-- profile for User3's laptop HP 6110 -->

  <is:LaptopProfile rdf:ID="Hp6110">

<!-- hardware -->
  <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1000000</is:hasAvailableMemory>
  <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1600</is:hasHorizontalScreenResolution>
  <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1050</is:hasVerticalScreenResolution>
  <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">32</is:hasScreenBitsPerPixel>

<!-- software -->
  <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WindowsVista"/>
  <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MozillaFirefox"/>
  <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">16</is:hasJavaVersion>

<!-- user preferences -->
  <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Avi"/>
  <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MoviesInstance"/>
  <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Hrvatski"/>
  <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#ThrillerMovie"/>
  <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Gold"/>
  <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Streaming"/>

<!-- context -->
  <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
  <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#trgBanaJelacica"/>
  <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.21389</is:hasCoordinatesX>
  <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">41.21389</is:hasCoordinatesY>
  <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Night"/>
  <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#CoffeDrinking"/>

  </is:LaptopProfile>
</rdf:RDF>

```

## PROFIL 4

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User4.owl">

  <!-- profile for User4's desktop computer -->

  <is:DesktopProfile rdf:ID="Desktop">

    <!-- hardware -->
    <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">2000000</is:hasAvailableMemory>
    <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1280</is:hasHorizontalScreenResolution>
    <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1024</is:hasVerticalScreenResolution>
    <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">32</is:hasScreenBitsPerPixel>

    <!-- software -->
    <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WindowsXp"/>
    <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InternetExplorer"/>
    <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">15</is:hasJavaVersion>

    <!-- user preferences -->
    <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Quicktime"/>
    <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MusicInstance"/>
    <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
    <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#ActionMovie"/>
    <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Gold"/>
    <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Streaming"/>

    <!-- context -->
    <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
    <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#jurisceva"/>
    <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.21389</is:hasCoordinatesX>
    <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">41.21389</is:hasCoordinatesY>
    <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Night"/>
    <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WatchingMovie"/>

  </is:DesktopProfile>
</rdf:RDF>
```



## PROFIL 5

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User5.owl">

  <!-- profile for User5's mobile phone Sony Ericsson K770 -->

  <is:MobilePhoneProfile rdf:ID="SonyEricssonK750">

  <!-- hardware -->
  <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">512000</is:hasAvailableMemory>
  <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">200</is:hasHorizontalScreenResolution>
  <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">270</is:hasVerticalScreenResolution>
  <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">18</is:hasScreenBitsPerPixel>
  <is:hasImei rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">45000201-457004-0-22</is:hasImei>

  <!-- software -->
  <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#BasicOs"/>
  <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#SonyEricssonBrowser"/>
  <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">15</is:hasJavaVersion>

  <!-- user preferences -->
  <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Jpeg"/>
  <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#PoliticsNewsInstance"/>
  <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
  <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#PopMusic"/>
  <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Silver"/>
  <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#NonStreaming"/>

  <!-- context -->
  <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#OuterSpace"/>
  <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#trgBanaJelacica"/>
  <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.21389</is:hasCoordinatesX>
  <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">47.21389</is:hasCoordinatesY>
  <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Day"/>
  <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#CoffeDrinking"/>

  </is:MobilePhoneProfile>
</rdf:RDF>

```

## PROFIL 6

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User6.owl">

  <!-- profile for User6's mobile phone Sony Ericsson W960 -->

  <is:MobilePhoneProfile rdf:ID="SonyEricssonW960">

  <!-- hardware -->
  <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">512000</is:hasAvailableMemory>
  <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">220</is:hasHorizontalScreenResolution>
  <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">280</is:hasVerticalScreenResolution>
  <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">18</is:hasScreenBitsPerPixel>
  <is:hasImei rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">44965331-978004-1-31</is:hasImei>

  <!-- software -->
  <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#BasicOs"/>
  <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#SonyEricssonBrowser"/>
  <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">15</is:hasJavaVersion>

  <!-- user preferences -->
  <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Mp3"/>
  <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MusicInstance"/>
  <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
  <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#RockMusic"/>
  <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Silver"/>
  <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Streaming"/>

  <!-- context -->
  <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#OuterSpace"/>
  <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#jurisceva"/>
  <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.21389</is:hasCoordinatesX>
  <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">41.21389</is:hasCoordinatesY>
  <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Day"/>
  <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#CoffeDrinking"/>

  </is:MobilePhoneProfile>
</rdf:RDF>
```

## PROFIL 7

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User7.owl">

  <!-- profile for User7's laptop IBM T61 -->

  <is:LaptopProfile rdf:ID="lbnT61">

  <!-- hardware -->
  <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">2000000</is:hasAvailableMemory>
  <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1600</is:hasHorizontalScreenResolution>
  <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1050</is:hasVerticalScreenResolution>
  <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">32</is:hasScreenBitsPerPixel>

  <!-- software -->
  <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WindowsXp"/>
  <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MozillaFirefox"/>
  <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">16</is:hasJavaVersion>

  <!-- user preferences -->
  <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#AdvancedSystemsFormat"/>
  <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MoviesInstance"/>
  <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
  <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#ThrillerMovie"/>
  <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Silver"/>
  <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Streaming"/>

  <!-- context -->
  <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
  <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#dolac"/>
  <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">35.21389</is:hasCoordinatesX>
  <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">41.21389</is:hasCoordinatesY>
  <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Day"/>
  <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#eating"/>

  </is:LaptopProfile>
</rdf:RDF>

```

## PROFIL 8

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User8.owl">

  <!-- profile for User8's desktop computer -->

  <is:DesktopProfile rdf:ID="Desktop">

    <!-- hardware -->
    <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">4000000</is:hasAvailableMemory>
    <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1920</is:hasHorizontalScreenResolution>
    <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1080</is:hasVerticalScreenResolution>
    <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">32</is:hasScreenBitsPerPixel>

    <!-- software -->
    <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WindowsXp"/>
    <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InternetExplorer"/>
    <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">16</is:hasJavaVersion>

    <!-- user preferences -->
    <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Flac"/>
    <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MusicInstance"/>
    <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Hrvatski"/>
    <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#PopMusic"/>
    <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Gold"/>
    <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#NonStreaming"/>

    <!-- context -->
    <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
    <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#dolac"/>
    <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.21389</is:hasCoordinatesX>
    <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">41.21389</is:hasCoordinatesY>
    <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Day"/>
    <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WritingPresentation"/>

  </is:DesktopProfile>
</rdf:RDF>
```

## PROFIL 9

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User9.owl">

  <!-- profile for User9's desktop computer -->

  <is:DesktopProfile rdf:ID="Desktop">

    <!-- hardware -->
    <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1000000</is:hasAvailableMemory>
    <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">1024</is:hasHorizontalScreenResolution>
    <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">768</is:hasVerticalScreenResolution>
    <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">32</is:hasScreenBitsPerPixel>

    <!-- software -->
    <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WindowsXp"/>
    <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InternetExplorer"/>
    <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">15</is:hasJavaVersion>

    <!-- user preferences -->
    <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Jpeg"/>
    <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MusicNewsInstance"/>
    <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Hrvatski"/>
    <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#PopMusic"/>
    <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Gold"/>
    <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#NonStreaming"/>

    <!-- context -->
    <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
    <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#jurisceva"/>
    <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">50.21389</is:hasCoordinatesX>
    <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">48.21389</is:hasCoordinatesY>
    <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Day"/>
    <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#eating"/>

  </is:DesktopProfile>
</rdf:RDF>

```

*PROFIL 10*

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:is="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.tel.fer.hr/astorm/User10.owl">

  <!-- profile for User10's laptop Asus EeePC -->

  <is:LaptopProfile rdf:ID="AsusEee">

    <!-- hardware -->
    <is:hasAvailableMemory rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">512000</is:hasAvailableMemory>
    <is:hasHorizontalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">800</is:hasHorizontalScreenResolution>
    <is:hasVerticalScreenResolution rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">600</is:hasVerticalScreenResolution>
    <is:hasScreenBitsPerPixel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">32</is:hasScreenBitsPerPixel>

    <!-- software -->
    <is:hasOs rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#WindowsXp"/>
    <is:hasBrowser rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MozillaFirefox"/>
    <is:hasJavaVersion rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">16</is:hasJavaVersion>

    <!-- user preferences -->
    <is:hasPreferredInformationType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Avi"/>
    <is:hasPreferredInformationService rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#MoviesInstance"/>
    <is:hasPreferredLanguage rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#English"/>
    <is:hasPreferredGenre rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#DramaMovie"/>
    <is:hasPreferredQoS rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Silver"/>
    <is:hasPreferredDeliveryType rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Streaming"/>

    <!-- context -->
    <is:hasEnvironment rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#InnerSpace"/>
    <is:hasLocation rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#BadKleinkircheim"/>
    <is:hasCoordinatesX rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">30.21389</is:hasCoordinatesX>
    <is:hasCoordinatesY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float">28.21389</is:hasCoordinatesY>
    <is:atTime rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Night"/>
    <is:hasSocialActivity rdf:resource="http://www.tel.fer.hr/astorm/InfoServiceV2.owl#Sleeping"/>

  </is:LaptopProfile>
</rdf:RDF>
```

# Sažetak

## **Višeagentski sustav za pružanje telekomunikacijskih usluga zasnovan na profilima korisnika**

Istraživanja u području upravljanja pružanjem telekomunikacijskih usluga u novoj generaciji mreža imaju za cilj omogućavanje usluga koje su personalizirane i svjesne trenutnog konteksta. Pristup predložen u disertaciji jest stvaranje virtualnih predstavnika, korisničkih agenata, koji autonomno zastupaju korisnike u interakcijama s virtualnim predstavnicima drugih korisnika, odnosno virtualnim predstavnikom davatelja usluga, poslovnim agentom, na tržištu elektroničkih komunikacija. Korisnički agent stvara i upravlja korisničkim profilom te na taj način raspolaže znanjem o opremi, interesima, preferencijama i kontekstu svojih vlasnika. Korisnički agent svoje znanje o korisnicima dijeli s poslovnim agentom, kako bi svojem vlasniku osigurao pružanje usluga koje su personalizirane i svjesne trenutnog konteksta. Poslovni agent znanje o korisnicima primjenjuje za stvaranje društvene mreže korisnika telekomunikacijskih usluga, koju gradi primjenom implicitnog pristupa na temelju semantičke sličnosti korisničkih profila, bez izravnog uplitanja korisnika u sam proces. Analiza tako stvorene društvene mreže omogućuje davatelju usluga otkrivanje skrivenih uloga, skrivenih odnosa i skrivenih zajednica među korisnicima te na taj način predstavlja temelj za pružanje inovativnih usluga u okružju nove generacije mreža.

Implementiran je višeagentski sustav koji modelira telekomunikacijsko tržište u okružju nove generacije mreža, a sastavljen je od korisničkih agenata i poslovnog agenta. Eksperimentalno su verificirana dva studijska slučaja: prvi predlaže stvaranje skupine korisnika za suradnu uslugu, a drugi identifikaciju istaknutih članova društvene mreže za omogućavanje usluge preporučivanja.

# Abstract

## **Multi-Agent System for Telecommunication Service Provisioning based on User Profiles**

Research on telecommunication service provisioning in new generation network is aimed at enabling personalized and context-aware services. The approach proposed in the thesis is to create virtual representatives, User Agents, which autonomously represent users in interactions with virtual representatives of other users, or with a virtual representative of a service provider, the Telco Agent, in the telecommunication service market. A User Agent creates and manages a user profile and thus possesses knowledge about devices, interests, preferences and context of its owner. A User Agent shares this knowledge with the Telco Agent, to enable provisioning of personalized and context-aware services to its owner. The Telco Agent utilizes the knowledge about its users for the creation of a user social network, which is built by means of the implicit approach based on the semantic similarity of user profiles, with no explicit involvement of users. The analysis of the user social network created in such a manner enables the service provider to discover hidden roles, hidden relationships and hidden communities among its users. Such an analysis represents the basis for provisioning of innovative services in new generation network.

A multi-agent system, composed of User Agents and the Telco Agent, modelling a telecommunication service market in new generation network is implemented. Two case studies are experimentally verified: the first proposes the creation of a user cluster for enabling the collaborative service, while the other proposes the identification of prominent members in a user social network for enabling the recommendation service.



# Ključne riječi

- telekomunikacijska usluga
- nova generacija mreža
- implicitna društvena mreža
- programski agent
- semantički web
- korisnički profil
- personalizacija usluge
- svjesnost o kontekstu

# Keywords

- telecommunication service
- new generation network
- implicit social network
- software agent
- semantic web
- user profile
- service personalization
- context-awareness

# Životopis

Vedran Podobnik rođen je 21. kolovoza 1982. godine u Zagrebu. Nakon što je 2001. godine kao učenik generacije završio zagrebačku V. gimnaziju, upisuje Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirao je, kao najraniji diplomand u generaciji, 2006. godine na smjeru Telekomunikacije i informatika s diplomskim radom pod nazivom „Programski agenti na elektroničkom tržištu“.

Dobitnik je godišnje nacionalne nagrade ZNANOST 2007. godine, u području tehničkih i biotehničkih znanosti. Na Natječaju kompanije Agrokor 2007. godine, za projekt elektroničkog poslovanja „Kupi me“, osvojio je prvu nagradu. Na Natječaju kompanije Ericsson Nikola Tesla 2005. godine, za rad „Semantic Agents Coordination“, također je osvojio prvu nagradu. Dobitnik je dvaju priznanja „Josip Lončar“ za uspjeh postignut tijekom treće i četvrte godine studija, kao i Stipendije Grada Zagreba te Državne stipendije.

Od 2006. godine zaposlen je kao znanstveni novak na Zavodu za telekomunikacije Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. Provodi istraživanja u područjima višeagentskih sustava, društvenih mreža, elektroničkih tržišta, kontekstno-svjesnih usluga, automatizacije poslovnih procesa te semantičkog weba. Surađivao je ili surađuje na istraživačkim projektima s 26 znanstvenika koji dolaze s 3 kontinenta, što je rezultiralo s koautorstvom na 3 poglavlja u knjizi, 1 članku u enciklopediji, 17 članaka u međunarodnim časopisima i 13 radova na međunarodnim konferencijama te predstavljanjem njegovog istraživanja na 12 konferencija u 8 zemalja. Vodi tim Sveučilišta u Zagrebu koji razvija programske agente za sudjelovanje na međunarodnom natjecanju *Trading Agent Competition* (TAC) u kojem se međusobno natječu timovi s više od 40 vodećih svjetskih sveučilišta.

Član je međunarodnih strukovnih udruga *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) i *KES International* te alumnus studentske udruge *eStudent*.

# Biographical note

Vedran Podobnik was born on August 21st, 1982 in Zagreb, Croatia. In the year 2001 he finished Fifth Grammar School in Zagreb as the student of the generation. He continued his education at the Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, Croatia, where he received M.Eng. degree in 2006 at the Department of Telecommunications as the earliest graduate in generation. His diploma thesis was entitled „Software Agents in Electronic Market“.

He received the annual national award SCIENCE in the year 2007, in area of technical and biotechnical sciences. On the Agrokor company electronic business contest in the year 2007 he won the first prize for the project „Buy me“. On the Ericsson Nikola Tesla company contest in the year 2005 he also won the first prize for the paper „Semantic Agent Coordination“. He received two „Josip Loncar“ awards for results achieved in academic years 2003./2004. and 2004./2005., as well as the Scholarship of City of Zagreb and the State Student Scholarship.

Since 2006 he has been working as a Research Assistant at the Department of Telecommunications of the Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, Croatia. His research interests include multi-agent systems, social networks, electronic markets, context-aware services, business process automation, and the semantic web. He collaborated on research projects in teams with 26 scientists from 3 different continents, resulting in co-authoring 3 book chapters, 1 article in encyclopedia, 17 journal papers and 13 conference papers as well as presenting his research at 12 conferences in 8 different countries. He has been leading a University of Zagreb's team in developing trading software for a global *Trading Agent Competition (TAC)* with over 40 participating teams from top-notch international universities.

He is a member of the *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* and the *KES International* as well as alumnus of the *eStudent*.