

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Tine Jerman

**Analiza omrežij podaj nogometnega moštva - ključni igralci pri
doseganju zadetkov**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Tine Jerman

Mentor: doc. dr. Aleš Žiberna

**Analiza omrežij podaj nogometnega moštva - ključni igralci pri
doseganju zadetkov**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2011

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Alešu Žiberni, za pomoč in nasvete pri nastajanju dela.

Hvala Sari in družini, za podporo, potrpljenje in neštete spodbude.

Analiza omrežij podaj nogometnega moštva – ključni igralci pri doseganju zadetkov

Večji del nogometnih analiz temelji na podatkih o posameznih igralcih. Manj pogosto se pri analizah osredotoča na gibanje žoge in odnose med igralci. Slednje je pri analizi nogometne igre pomembno, saj so igralci nogometnega moštva v igri medsebojno odvisni. Ob takšnem pristopu je uporabna metodologije analize socialnih omrežij, ki lahko preučuje tako posamezne igralce kot tudi odnose med posamezniki v nogometni ekipi. Poleg tega takšen pristop omogoča vizualizacijo omrežja, s čimer lahko predstavimo velike količine podatkov na razumljiv način. Cilj naloge je bil iskanje ključnih igralcev nogometnega moštva Borussia Dortmund. V ta namen smo konstruirali dve omrežji: omrežje vseh podaj v sezoni in omrežje vseh podaj v sezoni, ki so se zgodile pred zadetkom, ko je imela ekipa posest žoge. Ugotavljamo, da izračunane mere pomembnosti glede na stopnjo, dostopnost, vmesnost ter kazala in opise, ob različnem upoštevanju števila podaj in podaj različnim igralcem pri računanju posamezne vrednosti, korelirajo z ocenami tržne vrednosti igralcev in se skladajo z razvrstitvami najboljših nogometašev na različnih lestvicah.

Ključne besede: analiza socialnih omrežij, nogomet, ključni igralci.

Football team's pass networks analysis – key-players at goal scoring

The major part of football analyses is based on individual player data. Less frequently, the analysis is focused on ball movement and relationships among players. The latter is important when analysing football matches, as players in the same team are interdependent during a match. Taking such an approach, social network analysis methodology is useful, as it can examine both individual players as well as relations among individuals in a football team. Moreover, this approach allows visualization of the network in a way that large amounts of data can be presented in an understandable manner. Our goal was to find key players of the Borussia Dortmund football squad. For this purpose we constructed two networks: a network of all passes in a season and a network of all passes in a season, which have taken place prior to goal scoring, when team was in ball possession. Our findings show that the calculated centrality measures (degree, closeness, betweenness, hubs and authorities), when different importance is given to number of passes and number of passes to different players, in most of the cases correlate with player's market value estimates and are consistent with the rankings of the best football players provided by various sources.

Key words: social network analysis, football, soccer, key players.

Kazalo vsebine

1	Uvod	7
2	Pregled literature	10
2.1	Pomen podaje v nogometu	10
2.2	Analiza omrežij in nogomet	11
2.3	Vplivi na vrednosti ali plačo igralca.....	12
3	Metodologija.....	14
3.1	Zbiranje podatkov.....	14
3.2	Analiza socialnih omrežij – uporabljene raziskovalne metode	15
3.2.1	Osnovne značilnosti omrežja.....	15
3.2.2	Stopnja točke	15
3.2.3	Dostopnost.....	16
3.2.4	Vmesnost	17
3.2.5	Vmesnost na podlagi toka	17
3.2.6	Kazala in opisi	18
4	Empirična analiza	19
4.1	Pomembnost v omrežju vseh podaj	19
4.1.1	Stopnja in dostopnost brez upoštevanja uteži na povezavah.....	19
4.1.2	Stopnja z upoštevanjem uteži na povezavah	21
4.1.3	Vmesnost	23
4.1.4	Kazala in opisi	27
4.2	Pomembnost v omrežju podaj za zadetek.....	28
4.2.1	Stopnja in dostopnost brez upoštevanja uteži na povezavah.....	29
4.2.2	Stopnja z upoštevanjem uteži na povezavah	30
4.2.3	Vmesnost	31
4.2.4	Kazala in opisi	32
4.3	Vplivi na oceno vrednosti igralca.....	34
5	Zaključek	38
6	Literatura	41
	Priloga A: Končna razvrstitev klubov	45
	Priloga B: Osnovne statistike igralcev	46
	Priloga C: Ocene vrednosti igralcev v treh časovnih točkah.....	47
	Priloga Č: Rangi igralcev glede na izračunane mere pomembnosti.....	48

Kazalo tabel

Tabela 4.1: Stopnja in dostopnost v omrežju vseh podaj brez upoštevanja uteži na povezavah.....	20
Tabela 4.2: Utežena vhodna stopnja za različne alfa v omrežju vseh podaj.....	21
Tabela 4.3: Utežena izhodna stopnja za različne alfa v omrežju vseh podaj.....	22
Tabela 4.4: Vmesnost v omrežju vseh podaj pri različnih najmanjših dovoljenih vrednostih povezav.....	24
Tabela 4.5: Vmesnost na podlagi toka v omrežju vseh podaj.....	26
Tabela 4.6: Kazala in opisi v omrežju vseh podaj.....	27
Tabela 4.7: Stopnja in dostopnost v omrežju podaj za gol brez upoštevanja uteži na povezavah.....	29
Tabela 4.8: Utežena vhodna stopnja za različne alfa v omrežju podaj za gol.....	30
Tabela 4.9: Utežena izhodna stopnja za različne alfa v omrežju podaj za gol.....	31
Tabela 4.10: Vmesnosti v omrežju podaj za gol.....	32
Tabela 4.11: Kazala in opisi v omrežju podaj za gol.....	33
Tabela 4.12: Korelacija izračunanih stopenj z oceno vrednosti igralca.....	35
Tabela 4.13: Korelacija izračunanih mer vmesnosti, dostopnosti ter kazal in opisov z oceno vrednosti igralca.....	36

Kazalo slik

Slika 4.1: Vizualizacija vmesnosti v omrežju vseh podaj ob upoštevanju povezav vrednosti 1 in več.....	25
Slika 4.2: Vizualizacija vmesnosti v omrežju vseh podaj ob upoštevanju povezav vrednosti 100 in več.....	25
Slika 4.3: Vizualizacija kazal in opisov v omrežju vseh podaj.....	28
Slika 4.4: Vizualizacija kazal in opisov v omrežju podaj za gol.....	34

1 Uvod

Najpogostejše analize nogometne igre so tipa »pisalo in papir« in vključujejo podatke, kot so, kje in kdaj se je dogodek zgodil, kateri igralci so bili vpleteni in izid dogodka (npr. uspešen ali neuspešen) (Carling in drugi 2007, 3–4). Rezultat take analize je statistika posameznega igralca, v katero sodi število strel na gol, število zadetkov, število podaj ipd. (Carling in drugi 2007, 3–4). Nogomet je po trditvah Duch in drugih (2010, 1) zaradi kompleksnosti igre in skorajda neprekinjenega toka žoge eden izmed najtežjih športov za analizo. V nasprotju z npr. košarko ali bejzbolom, nima tako bogatih statističnih podatkov, ki bi jih lahko trivialno identificirali kot kvantitativno merilo posameznikovega prispevka h končnemu rezultatu ekipe (Duch in drugi 2010, 1). Poleg tega je število zadetkov na nogometni tekmi navadno nizko, zato preproste statistike, kot je število zadetkov, število asistenc¹ ali število strel na gol, navadno niso zanesljivo merilo posameznikovega prispevka h končnem izidu (Duch in drugi 2010, 1). Dejanski, kvantitativno izmerljiv prispevek posameznika je navadno zakrit v igri, pri čemer Duch in drugi omenjajo odvzeme žoge nasprotniku ali podaje soigralcu, ki nato asistira za zadetek, kar ima pomemben pomen za končen rezultat (2010, 1).

Manj pogost, alternativni pristop za analizo nogometne igre je osredotočanje na gibanje žoge, kar omogoča vpogled v vzorce igranja, na primer, kakšen način podajanja ustvari več priložnosti za zadetek ali kdo podaja komu (Carling in drugi 2007, 4, 65). Tovrstni podatki so za nogometne ekipe koristni, saj v njihovo pripravo na tekmo sodi tudi analiza igre nasprotnega moštva (Verdenik 1999, 43), poleg tega pa so za trenerje zelo pomembne analize lastnega moštva (Franks in McGarry 1996, 363). Analiza socialnih omrežij (ASO) je v nasprotju z običajnimi statističnimi analizami primerna za proučevanje tako individualnih kvalitiet kot tudi odnosov v športni ekipi, saj običajne analize predvidevajo neodvisnost predmetov opazovanja, kar pa ne velja za ekipno okolje, v katerem so posamezniki medsebojno odvisni (Lusher in drugi 2010, 212). Elsner sodelovanje med igralci izpostavlja kot glavno značilnost igre (1997, 16). V nogometu je namreč prispevek posameznika h končnemu rezultatu močno odvisen od interakcije med igralci (Sarangi in Unlu 2010, 10). Na igrišču se to odraža na primer s tem, da je možnost napadalca za doseg zadetka odvisna od branilca, ki mora žogo podati naprej (Lusher in drugi 2010, 212). Z uporabo metodologije ASO se lahko

¹ Asistenca je v nogometu zadnja podaja, ki je vodila do zadetka (Lucifora in Simmons 2003, 37).

upošteva tako sposobnosti podajalca (da žogo dobro poda), kot sprejemalca (da se odkrije in sprejme žogo) (Sarangi in Unlu 2010, 12). Te metode so ustrezne za analizo športnih ekip tudi zato, ker imajo moštva izmerljive izide, na katere imajo neposreden vpliv odnosi med posamezniki (Lusher in drugi 2010, 214). Omogočajo tudi vizualizacijo omrežja z velikostmi točk in debelinami povezav, kar omogoča predstavitev velikih količin podatkov o individualni in ekipni predstavi na intuitivno razumljiv način (Duch in drugi 2010, 1). Prednost analize, ki temelji na podajah, je, da je v nasprotju z nekaterimi drugimi statistikami, kot je preigravanje ali odzemanje žoge, lažje določiti, ali se je dogodek zgodil ali ne, in je zato v manjši meri predmet subjektivne presoje (Sarangi in Unlu 2010, 12). Ob analizi podaj ekipe so ključni igralci tisti, ki prejmejo veliko podaj, oddajo veliko podaj in podajajo veliko različnim soigralcem (FAS.research 2004).

Namen diplomske naloge je na podlagi dveh omrežij, omrežja podaj Borussia Dortmund, ekipe v nemški prvi zvezni ligi (1. Bundesliga), v eni sezoni in omrežja podaj za zadetek iste ekipe v isti sezoni, z metodologijo ASO poiskati najpomembnejše igralce moštva glede na različne mere pomembnosti. Tako identificiramo ključne igralce tega moštva, ko gre za doseganje zadetkov. Glede na osnovno klasifikacijo igre po Elsnerju (1997)² v nalogi namreč upoštevamo predvsem prispevek v fazi napada, katerega cilj je zadetek. Izračunane podatke o pomembnosti igralcev nato primerjamo z oceno tržne vrednosti igralcev, ki se je glede na nekatere mere že izkazala kot pokazatelj posameznikove kakovosti in njegovega prispevka ekipi (npr. Torgler in Schmidt 2007; Lucifora in Simmons 2003), in z različnimi razvrstitvami najboljših nogometašev. Na ta način lahko ocenimo, ali uporabljene mere dejansko merijo posameznikovo kakovost in prispevek k ekipnemu rezultatu.

V diplomski nalogi smo najprej pojasnili pomen podaje v nogometu in nato predstavili že opravljene študije, v katerih so avtorji z metodologijo ASO pristopili k analizi nogometa. Za tem smo predstavili ugotovitve študij, ki so se ukvarjale z vplivi na vrednost ali plačo nogometnih igralcev. Sledi predstavitev pridobivanja podatkov in

² Elsner (1997, 19–20) loči fazo obrambe in napada, kjer ima vsaka od dveh tri podfaze in določene strukturne enote. Fazo napada sestavljajo podfaze: prehod iz obrambe v napad, priprava zaključka napada in zaključek napada ter strukturne enote: odkrivanje igralca, podajanje žoge, sprejemanje žoge, vodenje žoge, varanje z žogo in streljanje na vrata. Fazo obrambe sestavljajo podfaze: prehod iz napada v obrambo, preprečevanje priprave napada in preprečevanje zaključka napada ter strukturne enote: pokrivanje igralca, odzemanje žoge in izbijanje žoge.

opis uporabljenih metod s področja ASO. V nadaljevanju je opisan empirični del, kjer so najprej predstavljeni izračuni različnih mer pomembnosti na obeh omrežij, na koncu pa preverjamo povezanost izračunanih mer z ocenami vrednosti igralcev. Sledi interpretacija rezultatov, primerjava z različnimi lestvicami najboljših nogometašev in zaključek.

2 Pregled literature

2.1 Pomen podaje v nogometu

Podajanje žoge je po Elsnerju temeljna prvina v taktiki napada (1997, 95), po oceni Millerja in Wingerta pa je, ker gre za ekipno igro, sposobnost podajanja in sprejemanja podaj najpomembnejša veščina igralcev tega športa (v Sarangi in Unlu 2010, 11). Glede na podatke LA84 Foundation približno 80 % nogometne tekme vključuje oddajanje in sprejemanje podaj (2008, 113). Pomembni dogodki na nogometnih tekmah, kot so gol, prekršek ali podaja iz kota, nastanejo kot rezultat podajanja med igralci (Park in Yilmaz, 2010). V začetni dobi nogometu je bila igra sicer osnovana na veščinah posameznikov (npr. preigravanje), v 70. letih 19. stoletja pa so »izumili« igro podaj, saj je na igrišču žogo enostavneje premikati kot igralce (Sarangi in Unlu 2010, 11). Pomembna lastnost žoge je tudi, da je od igralcev hitrejša (Caligiuri in Herbst 1998, 106; Sarangi in Unlu 2010, 11). Najučinkovitejši način za premagovanje nasprotnikove obrambe je tako podaja za hrbet nasprotnikovim branilcem med tem, ko je sprejemalec podaje že v teku (Wesson 2002, 95). V nogometu je dobro podajanje bistvenega pomena (Sarangi in Unlu 2010, 11; LA84 Foundation 2008, 113), saj je, ne glede na stopnjo igralčeve zmožnosti preigravanja, skorajda nemogoče premagati nasprotnikovo obrambo brez dobrega podajanja žoge (LA84 Foundation 2008, 113). S to trditvijo se skladajo ugotovitve Gerischa in Reichelta, da je večina zadetkov doseženih brez ali z enim dotikom strelca zadetka pred strelom, da je moštvo z več natančnimi dolgimi podajami ali podajami v globino rezultatsko uspešnejše in da je tretjina zadetkov doseženih z glavo po podaji s krilnega položaja (v Verdenik 1999, 13). Tudi to kaže na pomembnost podaje pri doseganju zadetkov. Poleg naštetega Sarangi in Unlu po analizi podatkov z Evropskega prvenstva 2008 ugotavljata korelacijo med številom podaj in številom strelav na gol, kjer regresijski koeficient pokaže, da v povprečju 27 dodatnih podaj ekipi ustvari en dodaten strel proti nasprotnikovemu голу (2010, 11–12). Luhtanen in drugi v svoji raziskavi, ki temelji na podatkih z Evropskega prvenstva 2000, navajajo, da je najpomembnejši faktor za napovedovanje končne uvrstitve odstotek uspešnih podaj, pred npr. številom strelav proti голу (2001, 79). Dobro podajanje je v veliki meri rezultat ekipnega dela (LA84 Foundation 2008, 113), čeprav je močno odvisno tudi od posameznikove kakovosti. Dobra podaja je namreč v največji meri odvisna od dobre presoje; tudi igralčeva tehnična sposobnost ima pomembno vlogo, vendar pa je ta brez

dobrega pregleda nad igro in prave izbire podaje neuporabna (LA84 Foundation 2008, 113–14; Caligiuri in Herbst 1998, 107).

2.2 Analiza omrežij in nogomet

Nekateri avtorji (Duch in drugi 2010; Park in Yilmaz 2010; Sarangi in Unlu 2010; Kooji in drugi 2009; Onody in de Castro 2004) so se že osredotočali na analizo nogometa s pomočjo metodologije ASO. V svoji študiji so Duch in drugi (2010) tako konstruirali usmerjeno omrežje 'toka žoge' (*ball flow*) za vse tekme na Evropskem prvenstvu 2008, kjer so točke predstavljale igralce, povezave pa so bile utežene glede na število uspešnih podaj enega igralca drugemu. V omrežje so po podatkih o strelih na gol vključili dve dodatni točki, eno za strele v okvir vrat in eno za strele mimo gola, ter igralce ponovno povezali z njima z uteženo usmerjeno povezavo glede na število strelav (*flow networks*). S kombinacijo *flow network* in natančnosti strelav ter podaj so merili zmožnost igralca, da premika žogo proti nasprotnikovemu голу; izračunali so verjetnost, da se vsaka možna pot v omrežju konča s strelom. Mera za posameznikov prispevek je bila tako vmesnost (*betweenness centrality*) z ozirom na nasprotnikov gol, kar imenujejo *flow centrality* – igralčev delež v poteh žoge, ki se končajo s strelom na gol. Upoštevali so tudi obrambne statistike, in sicer tako, da je igralec začel pot proporcionalno glede na to, koliko žog je med igro vzel nasprotniku. Kakovost posameznikove igre definirajo kot normalizirano vrednost logaritma igralčeve *flow centrality*. Ugotovili so značilno povezavo med razliko v predstavah dveh ekip (ekipna predstava izračunana kot povprečje posameznikovih) na tekmi in končnim rezultatom srečanja. Poleg tega so rezultati pokazali povezavo med njihovimi izmerjenimi kakovostmi predstav za posamezne igralce s subjektivnimi ocenami istih igralcev s strani različnih nogometnih poznavalcev.

Park in Yilmaz (2010) sta v svoji raziskavi za tekmo med Korejo in Združenimi arabskimi emirati v kvalifikacijah za Svetovno prvenstvo 2010 z izračuni merila centralnost na podlagi vhodne in izhodne stopnje (kot vsote uteži na povezavah), bližine glede na vhodne in izhodne povezave in vmesnosti. Na podlagi teh petih mer centralnosti sta konstruirala petdimenzionalen vektor za vsakega igralca. Za predstavo podobnosti med točkami v omrežju sta uporabila evklidsko razdaljo, kjer uteži na povezavah predstavljajo razdaljo med točkama. Njuni rezultati o pomembnosti igralcev so korelirali z ocenami nogometnih strokovnjakov.

Sarangi in Unlu (2010) v diskusijskem članku na podlagi podatkov Evropskega prvenstva 2008 aplicirata metodologijo ASO na iskanje ključnih igralcev in skupin v nogometnem moštvu. V ta namen konstruirata novo mero intercentralnosti, ki upošteva posameznikov prispevek k ekipnemu rezultatu, ekipni rezultat pa zajema prispevke posameznikov k ostalim igralcem v ekipi. V omrežju uspešnih podaj sta upoštevala iz katere na katero točko na igrišču je igralec podal (npr. podaja stran od nasprotnikovega gola je manj vredna od podaje v smeri nasprotnega gola). Pri tem nista iskala najboljšega igralca v moštvu, temveč igralce, katerih prispevek ekipi je maksimalen. Kot ključnega igralca sta identificirala tistega, katerega odstranitev vodi v največji razdor ekipe. Poleg tega sta v svoji študiji identificirala ključne skupine, v katere so vključene najpomembnejše kombinacije igralcev v moštvu.

Kooij in drugi (2009) so v raziskavi konstruirali uteženo neusmerjeno omrežje nizozemskih igralcev, kjer je vrednost na povezavi pomenila število igranj na isti tekmi. Upoštevali so tekme med letoma 1905 in 2008, kar pomeni 670 reprezentančnih tekem, 691 igralcev in 10 450 povezav. Ugotovili so, da obstaja pot od vsakega igralca k vsakemu, najdaljša pot med igralcema (diameter) je znašala 11, povprečna razdalja 4,5, igralec z največ soigralci pa je igral s 117 nogometaši. V študiji so izpostavili, da je metoda uporabna za, recimo, sestavljanje uigranega moštva na podlagi čim večjega števila skupnih tekem med igralci.

Onody in de Castro (2004) sta preučevala dvovrstno omrežje 127 brazilskih nogometnih klubov in 13 411 igralcev med letoma 1971 in 2002. Nogometaš in klub sta bila povezana z neusmerjeno povezavo, če je igralec igral v klubu. Ugotavljala sta linearno padajočo verjetnost za igranje v N številu klubov. Na podlagi podatkov tega omrežja sta konstruirala novo omrežje, podobno kot Kooij in drugi (2009), med igralci, ki so igrali za isti klub v istem času. Izračunala sta povprečno dolžino povprečne poti med igralcem in vsemi ostalimi igralci v omrežju, ki je znašala 3,29.

2.3 Vplivi na vrednosti ali plačo igralca

Na vrednost ali plačo igralcev lahko, kot ugotavljajo različni avtorji (Torgler in Schmidt 2007; Battré in drugi 2008; Bryson in drugi 2009; Lucifora in Simmons 2003; Ashworth in Heyndels 2007; Franck in Nüesch 2008), vplivajo različni dejavniki in dosežki nogometašev. V svojih študijah, ker plačila nogometašem mnogokrat niso javno znana,

kot nadomestilo večkrat uporabljajo ocenjeno vrednost igralca. Torgler in Schmidt (2007) sta ugotovila pozitiven vpliv neodvisne spremenljivke vrednost na število golov in asistenc in korelacijo med plačo ter vrednostjo igralca na podatkih iz nemške Bundeslige v sezonah 1995/96 do 2003/04. Battre in drugi (2008) v svoji raziskavi ugotavljajo pozitivno povezanost igralčeve plače s starostjo (ta narašča med 17. in 28. letom in od 28. do 41. leta pada), številom tekem v karieri, nastopi za državno reprezentanco v zadnji sezoni, goli v zadnji sezoni in številom odigranih tekem v zadnji sezoni. Glede na igralno mesto vratarji zaslužijo manj od igralcev na ostalih položajih, več zaslužijo Južnoameričani in igralci iz Zahodne Evrope ter kapetani (Battre in drugi 2008). Bryson in drugi (2009) so prišli do sklepa, da je vrednost igralcev, ki lahko igrajo (npr. streljajo na gol, podajajo) z obema nogama, višja od ostalih. Lucifora in Simmons (2003) na podlagi podatkov prvih dveh italijanskih lig ugotavljata pozitivno povezavo plače s starostjo, številom nastopov v prvenstvu, številom nastopov za državno reprezentanco, številom strelav na gol napadalcev, številom asistenc napadalcev (le v *Serie A*), številom golov napadalcev (le v *Serie B*) in številom zadetkov igralcev sredine igrišča (le v *Serie A*). Poleg navedenega opazata zvezdniški učinek (*superstar effect*) v obeh ligah, kjer relativno majhen delež igralcev prejema nesorazmerno visok delež denarja namenjenega plačam igralcev (Lucifora in Simmons 2003). Ashworth in Heyndels (2007) na podlagi podatkov nemške Bundeslige ugotavljata manjše plačilo vratarjev, igralcev z manj odigranimi tekmami in mlajših nogometašev. Franck in Nüesch (2008) v študiji na podatkih iz Bundeslige za sezono 2004/05, v nasprotju z Torgler in Schmidt (2007), nista ugotovila značilne korelacije vrednosti igralca z asistencami ali goli. Njuna analiza je pokazala večjo vrednost starejših igralcev in igralcev z večjim številom tekem v ligi ali za reprezentanco (Franck in Nüesch 2008). Ugotovila sta tudi, da na vrednost nogometaša vpliva dolžina njegove pogodbe, pri čemer so igralci, ki se jim ta kmalu konča, vredni manj (Franck in Nüesch 2008). Njune ugotovitve se prav tako ne skladajo z rezultati Lucifore in Simmonsa (2003), saj zvezdniškega učinka, ko se ta meri s številom golov in asistenc, ne ugotovita, je pa prisoten, ko se ga meri glede na popularnost in ocene strokovnjakov (Franck in Nüesch 2008).

3 Metodologija

3.1 Zbiranje podatkov

Zbrani podatki o podajah so bili javno dostopni na uradni spletni strani nemške Bundeslige (bundesliga.de). Kot pravijo Duch in drugi, je javna dostopnost tovrstnih podatkov sicer bolj izjema kot pravilo (2010, 1). V analizo smo vključili podatke za klub Borussia Dortmund³ v državnem prvenstvu (1. nemška Bundesliga) za sezono 2010/11. Iz zbranih podatkov smo konstruirali dve usmerjeni in uteženi omrežji. V prvem so zajete vse podaje igralcev,⁴ ki so odigrali vsaj eno od 34 prvenstvenih tekem v omenjeni sezoni. Vključene so samo uspešne podaje, to so podaje, po katerih je ekipa obdržala posest žoge (Carling in drugi 2007, 18). Podatki zajemajo tudi uspešne podaje iz prekinitev (npr. iz avta ali prostega strela). Tovrstno omrežje podaj sta za analizo nogometne igre že konstruirala Park in Yilmaz (2010), podobno so k analizi pristopili tudi Duch in drugi (2010) ter Sarangi in Unlu (2010), ki pa so v omrežje podaj vključili še druge podatke. Carling in drugi v kontekstu smiselnosti zbiranja podatkov izpostavijo podaje, ki so vodile do strela na gol, kot posebej pomembne (2007, 71). Združevanje tovrstnih podatkov v omrežje omogoča kvantitativno analizo z metodologijo ASO. Drugo konstruirano omrežje tako vključuje samo podatke o podajah, ki so vodile do zadetka (v nadaljevanju podaje za gol/zadetek; vir podatkov bundesliga.de). To so podaje, ki so se zgodile pred zadetkom moštva, ko je imela ekipa posest žoge. Na primer odvzeta žoga s strani nasprotnika ali obramba strela na gol nasprotnega vratarja, štejeta kot prekinjena posest žoge, zato se podaje pred takšnim dogodkom ne upoštevajo. V tem omrežju je vključena dodatna točka »gol«, ki ima vhodno uteženo povezavo od igralca, ki je dosegel zadetek, in nima izhodnih povezav. Avtogoli se v omrežju ne upoštevajo. Podobno so Duch in drugi (2010) v omrežje podaj vključili podatke o strelah na gol, vendar pa niso upoštevali zadetkov, temveč so omrežju dodali točki za strele v okvir vrat in strele mimo gola.

Z namenom primerjave rezultatov analize omrežij, smo zbrali podatke o vrednosti igralcev.⁵ Ti so javno dostopni na spletnem mestu transfermarkt.de, ki so ga v raziskovalne namene že uspešno uporabili nekateri avtorji (glej Battre in drugi 2008;

³ Končna razvrstitev ekip z osnovnimi statistikami je v Prilogi A.

⁴ Osnovne statistike igralcev so v Prilogi B.

⁵ Te so navedene v Prilogi C.

Bryson in drugi 2009; Franck in Nüesch 2008; Sarangi in Unlu 2010; Torgler in drugi 2006; Torgler in Schmidt 2007).

3.2 Analiza socialnih omrežij – uporabljene raziskovalne metode

ASO je sistem metodoloških orodij, ki se osredotočajo na odnose med družbenimi entitetami in na vzorce ter implikacije teh medsebojnih odnosov (Wasserman in Faust v Lusher in drugi 2010, 213). Uporabna je za preučevanju npr. vodenja, deljenja informacij, terorističnih mrež, oblikovanje zavezništov v politiki in drugo (Lusher in drugi 2010, 213). Pri ASO nas zanima preučevanje določenih odnosov med člani omrežja, kar omogoča natančen vpogled v delovanje odnosov v omrežju (Lusher in drugi 2010, 214).

3.2.1 Osnovne značilnosti omrežja

Diameter je najdaljša izmed najkrajših možnih poti med katerikoli točkama v omrežju (Kooij in drugi 2009, 6). Omrežje je **krepro povezano**, če lahko ob upoštevanju povezav pridemo iz vsake točke v omrežju v vsako (Mrvar 2011c, 7–8). **Gostota omrežja** je število med 0 in 1, ki ga dobimo z deljenjem števila povezav v omrežju s številom vseh možnih povezav v omrežju (Mrvar 2011č, 7–8).

3.2.2 Stopnja točke

Stopnja točke pomeni število njenih sosednjih točk (Kooij in drugi 2009, 6), tj. število ostalih točk, s katerimi je povezana (Onody in de Castro 2004, 1):

$$k_i = C_D(i) = \sum_j^N x_{ij}$$

kjer je i izbrana točka, j vse ostale točke, N število točk v omrežju in x matrika, kjer ima celica x_{ij} vrednost 1, če med točkama obstaja povezava in 0, če povezave ni (Opsahl in drugi 2010, 246). Rezultat je absolutna stopnja, zato lahko rezultate normaliziramo v relativno mero, katere vrednost je na intervalu $[0,1]$, kjer je 0 najmanjša možna (brez povezav) in 1 najvišja možna (povezava z vsemi ostalimi točkami) pomembnost glede na stopnjo (Mrvar 2011b, 4). Kadar se je v preteklosti pri računanju stopnje točke želelo upoštevati uteži na povezavah, se je stopnja navadno razširila na vsoto uteži na povezavah izbrane točke:

$$s_i = C_D^w(i) = \sum_j^N w_{ij}$$

kjer je w utežena matrika, vrednost w_{ij} je večja od 0, kadar je točka i povezana z j in je enaka vrednosti uteži na povezavi (Opsahl in drugi 2010, 246). Težava pri uporabi te mere je, da ne upošteva števila različnih točk, s katerimi je povezana (Opsahl in drugi 2010, 246). Stopnjo točke v omrežjih z vrednostmi na povezavah so Opsahl in drugi zato nadgradili tako, da upošteva tako število točk, s katerimi je povezana, kot tudi vrednosti uteži na teh povezavah:

$$C_D^{w\alpha}(i) = k_i * \left(\frac{s_i}{k_i}\right)^\alpha = k_i^{(1-\alpha)} * s_i^\alpha$$

kjer je α naravna parameter, ki se nastavi glede na raziskovalne zahteve in podatke med 0 in 1, kadar je visoka stopnja boljša, in na več kot 1, kadar je boljša nizka stopnja (2010, 246–7).

3.2.3 Dostopnost

Dostopnost izraža povprečno razdaljo od izbrane točke do vseh ostalih točk v omrežju (Kooij in drugi 2009, 6). Večja povprečna razdalja pomeni manjšo vrednost dostopnosti (de Nooy in drugi 2005, 127). Relativna dostopnost se izračuna z deljenjem števila vseh točk z vsoto najkrajših razdalj izbrane točke z vsemi ostalimi točkami (de Nooy in drugi 2005, 127; Mrvar 2011b, 6–7):

$$C_C(x) = \frac{N - 1}{\sum_{y \in E} d(x, y)}$$

Dostopnost se na takšen način lahko izračuna samo za krepko povezana omrežja (de Nooy in drugi 2005, 128), kjer obstaja pot v smeri povezav iz vsake točke v vsako. Če omrežje ni krepko povezano, se upoštevajo samo dosegljive točke, pri tem pa se mero uteži z močjo množice dosegljivih točk (Mrvar 2011b, 6), tj. z odstotkom dosegljivih točk (de Nooy in drugi 2005, 128). V primerjavi s pomembnostjo glede na stopnjo, ta mera upošteva tudi neposredne povezave (Mrvar 2011b, 6). Pri usmerjenih omrežjih se lahko računa glede na vhodne (kako blizu je izbrana točka ostalim) ali izhodne povezave (kako blizu so ostale točke izbrani) (Mrvar 2011b, 7).

3.2.4 Vmesnost

Stopnja in dostopnost temeljita na dosegljivosti točke v omrežju, npr. kako enostavno lahko informacija doseže osebo (de Nooy in drugi 2005, 131). Vmesnost meri pomembnost točke na drugačen način. De Nooy in drugi to razložijo na primeru toka informacij: koliko tokov je prekinjenih ali trajajo dlje ob odstranitvi točke in kako lahko točka nadzira pretok informacij (2005, 131). Upošteva se, katere enote ležijo na najkrajših poteh med pari enot (Mrvar 2011b, 8). Freeman (v Mrvar 2011b, 8) je vmesnost definiral kot:

$$c_B(x) = \sum_{y < z} \frac{\text{število najkrajših poti med } y \text{ in } z \text{ skozi enoto } x}{\text{število vseh najkrajših poti med } y \text{ in } z}$$

to je kot »vsota verjetnosti preko vseh možnih parov točk, da bo najkrajša pot med y in z potekala skozi točko x « (Mrvar 2011b, 8). Relativna mera vmesnosti v usmerjenih omrežjih je tako:

$$C_B(x) = \frac{c_B(x)}{(n-1)(n-2)}$$

kjer se absolutno mero vmesnosti za izbrano deli s številom vseh drugih različnih parov točk y in z (Mrvar 2011b, 9).

3.2.5 Vmesnost na podlagi toka

Predstavljeni meri dostopnost in vmesnost upoštevata poti ob predpostavki, da se premikanje skozi mrežo vedno dogaja po najkrajši možni poti (Borgatti 2005, 56). Vmesnost na podlagi toka (*flow betweenness*) upošteva tudi poti, ki niso najkrajše, pri čemer se gre lahko skozi vsako točko v omrežju največ enkrat (Borgatti 2005, 56). Mera upošteva še vrednosti uteži na povezavah in je uporabna tudi v binarnih omrežjih (Freeman in drugi 1991, 141). Ta vrsta vmesnosti se izračuna na podlagi toka in je mera posameznikovega prispevka k maksimalnemu toku (Analytic Technologies 2011, 176). Maksimalen tok m_{jk} iz točke x_j v x_k , ki gre skozi točko x_i , za katero vmesnost na podlagi toka računamo, se deli z vsem tokom, kjer x_i ni začetna ali končna točka (Freeman in drugi 1991, 144–49):

$$C_F = \frac{\sum^n \sum_{j < k}^n m_{jk}(x_i)}{\sum^n \sum_{j < k}^n m_{jk}}$$

kjer je rezultat normalizirana vmesnost na podlagi toka za točko x_i (Analytic Technologies 2011, 176).

3.2.6 Kazala in opisi

V usmerjenem omrežju sta uporabni meri pomembnosti tudi kazala in opisi (Mrvar 2011a, 9). Kot razlaga Mrvar na primeru relacij za povezave med internetnimi stranmi, ima vsaka točka dvojno vlogo: lahko nekaj opisuje in se nanjo sklicujejo drugi (je opis) in lahko kaže na druge strani v omrežju (je kazalo) (2011a, 9). Točke so »vzajemno ojačevalne« (Kleinberg 1999, 611) – dobro kazalo je točka, ki kaže na veliko dobrih opisov in dober opis je točka, na katero kaže veliko dobrih kazal (Kleinberg 1999, 611; Mrvar 2011a, 9). Program Pajek vsaki točki priredi dve uteži na intervalu $[0,1]$, točka pa je toliko boljši opis ali kazalo, kolikor bliže je utež za opis ali kazalo vrednosti 1 (Mrvar 2011a, 9). Algoritem za izračun uteži upošteva vrednosti na povezavah (Mrvar 2011a, 15).

4 Empirična analiza

Pri analizi smo uporabili dva programa za analizo socialnih omrežij. Program Pajek (Batagelj in Mrvar 2011) za računanje stopnje brez upoštevanja uteži na povezavah, dostopnosti, vmesnosti, opisov in kazal ter za izvoz slik. S programom UCINET (Borgatti in drugi 2002) smo izračunali vmesnosti na podlagi toka.

4.1 Pomembnost v omrežju vseh podaj

Omrežje, v katerem so vključene vse uspešne podaje, sestavlja 23 točk (igralcev), ki jih povezuje 334 usmerjenih povezav. Vsota vrednosti na povezavah je 10 830. To je skupno število podaj med igralci, kar pomeni v povprečju približno 471 podaj igralca v omrežju. Gostota omrežja brez dovoljenih zank je 0,66, torej si je žogo ob upoštevanju smeri povezave podalo 66 % vseh možnih parov igralcev. V smeri povezav lahko pridemo od vsakega igralca k vsakemu, kar pomeni, da je omrežje krepko povezano. Diameter omrežja znaša 3 (med #11 in #14) in kaže na močno povezanost omrežja, saj je med dvema igralcema, ki sta igrala malo (1 in 6 tekem, na vseh sta vstopila v igro kot menjavi), najkrajša pot 3. V povprečju lahko žoga v smeri povezave pride od enega igralca do drugega z 1,35 podaje.

4.1.1 Stopnja in dostopnost brez upoštevanja uteži na povezavah

Najprej smo v omrežju vseh podaj iskali najpomembnejše igralce glede na njihove vhodne in izhodne podaje, pri čemer nismo upoštevali števila podaj. V Tabeli 4.1 so izpisane vrednosti za mere pomembnosti v omrežju vseh podaj v sezoni po posameznih igralcih. Glede na vsako so krepko izpisane vrednosti pri treh najpomembnejših igralcih.⁶ Glede na vhodno stopnjo je najpomembnejši igralec #29, kateremu je žogo podalo 95 % od ostalih soigralcev – ni mu podal le eden izmed njih. Nogometašema #18 in #16 je podalo 91 % vseh preostalih igralcev. Omenjeni trije igralci so torej tisti, ki so prejeli (vsaj eno) podajo od najvišjega števila različnih soigralcev. Glede na izhodno stopnjo je največ različnim igralcem podal nogometaš #8, ki je uspešno podal 95 % vseh ostalih soigralcev, oziroma ni podal le enemu. Tako kot pri rezultatih za vhodno stopnjo je tudi pri izhodni visoko igralec #29 z 91 %, enak odstotek ima tudi #4. Opazno je, da so igralci, ki igrajo bližje nasprotnikovemu голу,⁷ pomembnejši glede na

⁶ Velja za vse nadaljnje tabele v katerih so predstavljene mere pomembnosti.

⁷ Za povprečne postavitev igralcev glej Sliko 4.1.

vhodno stopnjo, medtem ko so igralci, ki igrajo bliže svojemu голу, pomembnejši glede na izhodno. To si lahko razlagamo s tem, da je cilj napada doseči gol. Zato skušajo bolj defenzivni igralci spraviti žogo do bolj ofenzivnih, enako pa velja tudi za ofenzivne igralce – tudi oni želijo žogo spraviti pred gol, zato je ne podajajo toliko defenzivnim igralcem. Glede na vhodno in izhodno dostopnost so ponovno najpomembnejši prej omenjeni igralci z največjim številom vhodnih in izhodnih povezav z različnimi igralci. Med preostalimi igralci sta najbolj izolirana nogometaša #20 in #11. Do igralca #20 lahko v smeri povezav pride 52 % nogometašev. V obratni smeri lahko igralec #11 pride do 51 % igralcev. V primeru nogometaša #11 je razlog le ena odigrana tekma (tudi ta ne v celoti), igralec #20 pa je vratar z eno v celoti odigrano tekmo.

Tabela 4.1: Stopnja in dostopnost v omrežju vseh podaj brez upoštevanja uteži na povezavah

	Relativna vhodna stopnja	Relativna izhodna stopnja	Relativna vhodna dostopnost	Relativna izhodna dostopnost
1 Roman Weidenfeller	0,6364	0,7727	0,7333	0,8148
4 Neven Subotić	0,8636	0,9091	0,8800	0,9167
5 Sebastian Kehl	0,5909	0,5909	0,7097	0,7097
7 Robert Lewandowski	0,8182	0,8182	0,8462	0,8462
8 Nuri Şahin	0,8636	0,9545	0,8800	0,9565
10 Mohamed Zidan	0,5909	0,5455	0,7097	0,6875
11 Dimitar Rangelov	0,2273	0,0909	0,5641	0,5116
14 Markus Feulner	0,2727	0,2727	0,5500	0,5789
15 Mats Hummels	0,8182	0,8636	0,8462	0,8800
16 Jakub Błaszczykowski	0,9091	0,8182	0,9167	0,8462
17 Dede	0,3182	0,3182	0,5946	0,5946
18 Lucas Barrios	0,9091	0,8182	0,9167	0,8462
19 Kevin Großkreutz	0,8182	0,7727	0,8462	0,8148
20 Mitchell Langerak	0,1364	0,3182	0,5238	0,5789
22 Sven Bender	0,7273	0,8182	0,7857	0,8462
23 Shinji Kagawa	0,6818	0,6364	0,7586	0,7333
25 Patrick Owomoyela	0,5909	0,5909	0,7097	0,7097
26 Łukasz Piszczek	0,7727	0,8636	0,8148	0,8800
27 Felipe Santana	0,6364	0,6364	0,7333	0,7333
29 Marcel Schmelzer	0,9545	0,9091	0,9565	0,9167
31 Mario Götze	0,8182	0,8636	0,8462	0,8800
32 Antonio da Silva	0,7727	0,7727	0,8148	0,8148
39 Marco Stiepermann	0,4545	0,2273	0,6471	0,5500

4.1.2 Stopnja z upoštevanjem uteži na povezavah

Problematičnost prej izračunanih mer pomembnosti se kaže v tem, da algoritmi za njihov izračun ne upoštevajo uteži v omrežju, torej števila podaj, ki so potekale med istimi igralci v isti smeri. V omrežju je najvišja vrednost povezave 241, tj. število podaj od igralca #4 do #15, kar se je v predhodni analizi upoštevalo kot enakovredno paru igralcev s samo eno podajo. Zato v nadaljevanju računamo stopnje, pri katerih se upošteva tako število različnih igralcev, ki jim je izbrani podal, kot tudi število podaj. Razmerje določa alfa, in sicer se pri vrednosti 0,0 upošteva samo število različnih igralcev (k_i) in pri vrednosti 1,0 samo število podaj (s_i). Pri alfa 0,0 so rangi igralcev glede na pomembnost enaki kot pri relativni stopnji, saj je takrat mera enaka nerelativizirani stopnji (brez upoštevanja uteži). Pri alfa 1,0 je vrednost stopnje enaka skupnemu številu oddanih (izhodna stopnja) ali prejetih (vhodna stopnja) podaj.

Tabela 4.2: Utežena vhodna stopnja za različne alfa v omrežju vseh podaj

Alfa	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1 Roman Weidenfeller	14	18,78	25,19	33,79	45,32	60,79	81,55	109,39	146,73	196,81	264
4 Neven Subotić	19	27,80	40,66	59,49	87,02	127,31	186,24	272,45	398,57	583,08	853
5 Sebastian Kehl	13	15,96	19,59	24,05	29,52	36,24	44,48	54,60	67,03	82,28	101
7 Robert Lewandowski	18	25,33	35,66	50,18	70,63	99,41	139,91	196,92	277,15	390,07	549
8 Nuri Şahin	19	28,70	43,34	65,47	98,88	149,35	225,58	340,72	514,62	777,28	1174
10 Mohamed Zidan	13	14,58	16,36	18,35	20,58	23,09	25,90	29,05	32,58	36,55	41
11 Dimitar Rangelov	5	5,09	5,19	5,28	5,38	5,48	5,58	5,68	5,79	5,89	6
14 Markus Feulner	6	6,25	6,51	6,78	7,06	7,35	7,65	7,97	8,30	8,64	9
15 Mats Hummels	18	26,50	39,02	57,46	84,60	124,56	183,41	270,05	397,61	585,44	862
16 Jakub Błaszczykowski	20	27,82	38,69	53,82	74,85	104,12	144,81	201,42	280,16	389,67	542
17 Dede	7	8,20	9,60	11,25	13,17	15,43	18,07	21,16	24,79	29,03	34
18 Lucas Barrios	20	28,34	40,15	56,88	80,60	114,19	161,79	229,24	324,79	460,18	652
19 Kevin Großkreutz	18	25,94	37,38	53,86	77,62	111,85	161,18	232,26	334,69	482,30	695
20 Mitchell Langerak	3	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3
22 Sven Bender	16	23,49	34,49	50,64	74,36	109,18	160,30	235,37	345,58	507,40	745
23 Shinji Kagawa	15	21,31	30,28	43,03	61,13	86,86	123,42	175,36	249,16	354,01	503
25 Patrick Owomoyela	13	16,57	21,12	26,91	34,30	43,71	55,71	71,01	90,50	115,34	147
26 Łukasz Piszczek	17	24,94	36,60	53,70	78,78	115,59	169,60	248,85	365,11	535,70	786
27 Felipe Santana	14	19,01	25,82	35,07	47,64	64,70	87,87	119,35	162,09	220,15	299
29 Marcel Schmelzer	21	30,94	45,57	67,14	98,91	145,71	214,65	316,22	465,85	686,27	1011
31 Mario Götze	18	27,08	40,74	61,29	92,21	138,72	208,69	313,95	472,32	710,57	1069
32 Antonio da Silva	17	23,70	33,05	46,08	64,25	89,58	124,89	174,14	242,80	338,53	472
39 Marco Stiepermann	10	10,27	10,54	10,82	11,11	11,40	11,70	12,02	12,34	12,66	13

Opisane stopnje so za alfa med 0,0 in 1,0 v korakih po 0,1 izpisane v Tabelah 4.2 in 4.3. Glede na uteženo vhodno stopnjo s spreminjanjem alfa ne prihaja do bistvenih razlik – med alfa 0,2 in 1,0 so najpomembnejši isti trije igralci (#8, #29, #31), ne sicer vedno v istem vrstnem redu. Podobno se dogaja pri izhodnih podajah, kjer sta nogometaša #4 in 8#, ne glede na težo števila različnih igralcev, ki sta jim podala in števila podaj, vedno med tremi najpomembnejšimi. Prav tako se, ko gre za izhodno stopnjo, prvi trije igralci po pomembnosti ne spreminjajo za alfa $\geq 0,2$. Pred tem nogometaš #29 (3. najpomembnejši pri alfa 0,0 in 0,1) zamenja soigralca #15 za alfa 0,2 in več. Tudi v primeru upoštevanja uteži so glede na vhodno stopnjo nekoliko pomembnejši igralci, ki igrajo bližje nasprotnikovemu голу, glede na izhodno pa igralci bližje svojemu.

Tabela 4.3: Utežena izhodna stopnja za različne alfa v omrežju vseh podaj

Alfa	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1 Roman Weidenfeller	17	24,12	34,22	48,56	68,89	97,74	138,68	196,77	279,18	396,10	562
4 Neven Subotić	20	29,93	44,80	67,05	100,36	150,20	224,80	336,45	503,56	753,67	1128
5 Sebastian Kehl	13	16,07	19,85	24,54	30,32	37,47	46,31	57,22	70,72	87,39	108
7 Robert Lewandowski	18	23,88	31,68	42,03	55,76	73,97	98,14	130,19	172,72	229,15	304
8 Nuri Şahin	21	31,62	47,61	71,69	107,95	162,54	244,74	368,50	554,87	835,48	1258
10 Mohamed Zidan	12	13,06	14,22	15,47	16,84	18,33	19,95	21,72	23,64	25,73	28
11 Dimitar Rangelov	2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2
14 Markus Feulner	6	6,25	6,51	6,78	7,06	7,35	7,65	7,97	8,30	8,64	9
15 Mats Hummels	19	28,75	43,51	65,85	99,65	150,81	228,22	345,38	522,67	790,97	1197
16 Jakub Błaszczykowski	18	24,59	33,60	45,91	62,72	85,70	117,09	159,97	218,57	298,62	408
17 Dede	7	8,17	9,55	11,15	13,02	15,20	17,75	20,72	24,20	28,26	33
18 Lucas Barrios	18	24,41	33,11	44,90	60,90	82,60	112,02	151,92	206,05	279,45	379
19 Kevin Großkreutz	17	24,10	34,17	48,45	68,69	97,40	138,09	195,78	277,59	393,56	558
20 Mitchell Langerak	7	7,39	7,80	8,23	8,68	9,17	9,67	10,21	10,77	11,37	12
22 Sven Bender	18	26,42	38,78	56,93	83,57	122,67	180,07	264,32	387,99	569,53	836
23 Shinji Kagawa	14	19,32	26,65	36,77	50,73	70,00	96,58	133,26	183,86	253,67	350
25 Patrick Owomoyela	13	16,68	21,40	27,45	35,21	45,18	57,96	74,36	95,39	122,38	157
26 Łukasz Piszczek	19	27,55	39,95	57,93	84,01	121,82	176,64	256,14	371,43	538,59	781
27 Felipe Santana	14	19,32	26,67	36,80	50,79	70,10	96,75	133,52	184,28	254,33	351
29 Marcel Schmelzer	20	29,36	43,11	63,30	92,94	136,46	200,35	294,15	431,88	634,10	931
31 Mario Götze	19	27,92	41,02	60,27	88,55	130,11	191,17	280,89	412,72	606,41	891
32 Antonio da Silva	17	24,02	33,94	47,95	67,75	95,72	135,25	191,09	270,00	381,48	539
39 Marco Stiepermann	5	5,24	5,49	5,76	6,03	6,32	6,63	6,95	7,28	7,63	8

4.1.3 Vmesnost

Pri izračunu pomembnosti glede na vmesnost nas je zanimala pomembnost igralcev glede na njihov delež na najkrajših poteh med drugimi igralci. Ker se pri tem ne upošteva števila podaj, smo to dosegli s krčenjem omrežja. Iz omrežja smo odstranili povezave, v smeri katerih je šlo manj podaj od izbrane vrednosti (uporabili smo 1, 5, 10, 25, 50 in 100). Tovrsten način se zdi smiseln, saj je pri tako gosto povezanem omrežju z visokimi utežmi na povezavah nerealno pričakovati, da 1 podaja na 34 tekmah, kar znese 0,03 podaje na tekmo, predstavlja realno pomembnost glede na vmesnost igralca. Zato se z določanjem minimalnega števila podaj doda meri vmesnosti teža številu podaj igralca. Ob določitvi minimalne vrednosti 100 na povezavi se upoštevajo samo še podaje, kjer je v smeri povezave šlo najmanj 2,94 podaje na tekmo.⁸

Tabela 4.4 prikazuje relativno vmesnost pri najmanjših dovoljenih vrednostih povezav, ki se še upoštevajo. Glede na vmesnost pri upoštevanju vseh vrednosti povezav je najpomembnejši igralec #29, kateremu sledita #4 in #8. Zaradi visoke gostote omrežja so, kot lahko razberemo iz tabele, relativne vrednosti za vmesnost nizke. Če upoštevamo samo povezave s 100 ali več podajami (kar znese približno 3 na tekmo), ima od 0 večjo vmesnost samo 7 nogometašev. Predpogoj, da bi bil lahko nogometaš na najkrajši poti drugega nogometaša, je v tem primeru namreč 100 ali več tako izhodnih kot vhodnih podaj. Takih nogometašev je v omrežju samo 8, torej je bila ta vrednost verjetno postavljena previsoko. V primerjavi s prej računanimi pomembnostmi, pri katerih se trije najpomembnejši nogometaši z dajanjem teže številu podaj niso bistveno spreminjali, v tem primeru ni tako. Prav tako ni mogoče opaziti vzorca, po katerem bi se trije najpomembnejši nogometaši z večanjem najmanjše vrednosti povezave, ki se še upošteva, »stabilizirali«. Največkrat (petkrat) se sicer med tremi najpomembnejšimi nogometaši pojavi igralec #8, ki ni med najpomembnejšimi le, ko se meja podaj nastavi na 5. Opaziti je, da med najpomembnejšimi ni obeh napadalcev (#7 in #18). Naloga napadalcev namreč ni v tolikšni meri podajanje soigralcem, temveč streljanje na vrata (Elsner 1997, 23). Prav tako njihova pozicija na igrišču ne predstavlja dobrega izhodišča, saj so postavljeni najdlje od svojega gola in pred sabo načeloma nimajo soigralcev (Slika 4.1).

⁸ Za primerjavo omrežja z najmanj 1 podajo na povezavi in omrežja najmanj 100 podajami na povezavi glej Sliki 4.1 in 4.2

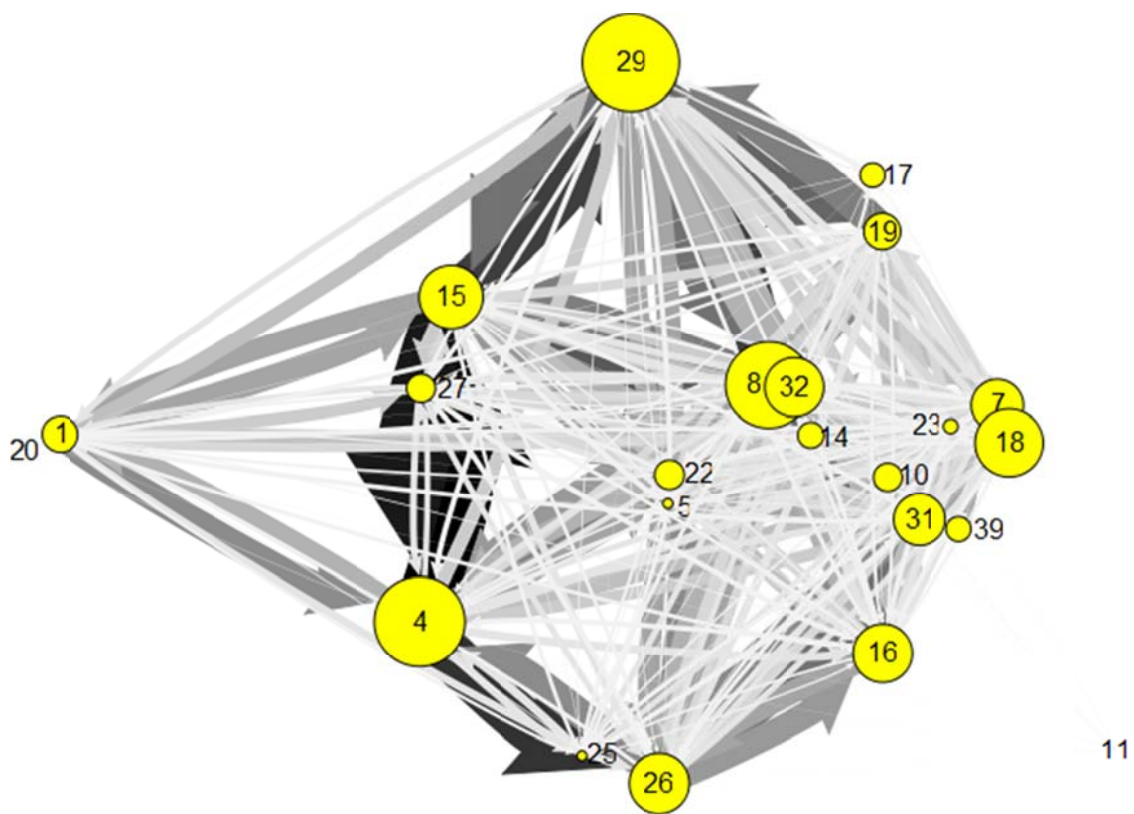
Tabela 4.4: Vmesnost v omrežju vseh podaj pri različnih najmanjših dovoljenih vrednostih povezav

Najmanjše dovoljeno število podaj	1	5	10	25	50	100
= podaj na tekmo	0,03	0,15	0,29	0,71	1,47	2,94
1 Roman Weidenfeller	0,0088	0,0033	0,0021	0,0020	0,0005	0,0000
4 Neven Subotić	0,0534	0,0106	0,0277	0,0632	0,0205	0,0364
5 Sebastian Kehl	0,0007	0,0008	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000
7 Robert Lewandowski	0,0180	0,0102	0,0009	0,0029	0,0000	0,0000
8 Nuri Şahin	0,0495	0,0120	0,0385	0,0827	0,0823	0,0507
10 Mohamed Zidan	0,0054	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11 Dimitar Rangelov	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14 Markus Feulner	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15 Mats Hummels	0,0265	0,0084	0,0180	0,0174	0,0587	0,0164
16 Jakub Błaszczykowski	0,0228	0,0066	0,0073	0,0009	0,0000	0,0000
17 Dede	0,0041	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
18 Lucas Barrios	0,0305	0,0034	0,0027	0,0043	0,0026	0,0000
19 Kevin Großkreutz	0,0088	0,0031	0,0035	0,0096	0,0013	0,0000
20 Mitchell Langerak	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
22 Sven Bender	0,0058	0,0066	0,0059	0,0121	0,0170	0,0020
23 Shinji Kagawa	0,0014	0,0080	0,0086	0,0014	0,0000	0,0000
25 Patrick Owomoyela	0,0007	0,0023	0,0040	0,0000	0,0000	0,0000
26 Łukasz Piszczek	0,0244	0,0120	0,0093	0,0096	0,0117	0,0249
27 Felipe Santana	0,0054	0,0006	0,0033	0,0024	0,0000	0,0000
29 Marcel Schmelzer	0,0630	0,0935	0,0511	0,0266	0,0285	0,0162
31 Mario Götze	0,0178	0,0240	0,0147	0,0357	0,1020	0,0092
32 Antonio da Silva	0,0234	0,0218	0,0380	0,0085	0,0320	0,0000
39 Marco Stiepermann	0,0041	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

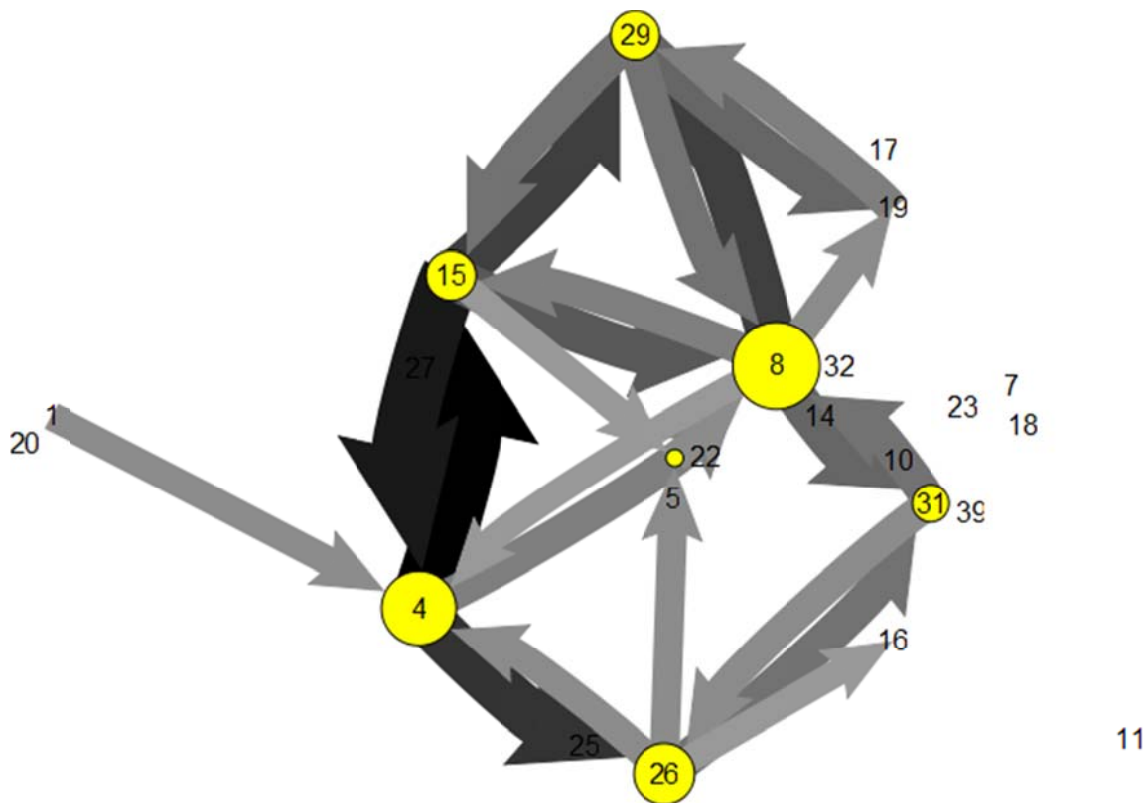
Na naslednjih dveh slikah sta za primerjavo prikazani omrežji ob upoštevanju podaj 1 ali več in 100 ali več. Debelina povezave predstavlja število podaj, velikost točke pa pomembnost glede na vmesnost. Namen Slike 4.2 je tudi jasnejši prikaz najpomembnejših povezav (z najvišjimi vrednostmi uteži), ki so sicer lahko zakrite pod povezavami manjših vrednosti. Ker so podatki o »uradnih« položajih igralcev lahko zavajajoči in se lahko med tekmo spreminjajo (Elsner 1997, 101–3; Park in Yilmaz 2010), se na vseh slikah omrežij v nalogi upošteva njihova povprečna pozicija na koncu odigranih tekem⁹ (po podatkih bundesliga.de). Podatki za položaj na tekmi se upoštevajo kot enakovredni, ne glede na število odigranih minut.

⁹ Zaradi preglednosti slik smo v nekaterih primerih točke minimalno premaknili.

Slika 4.1: Vizualizacija vmesnosti v omrežju vseh podaj ob upoštevanju povezav vrednosti 1 in več



Slika 4.2: Vizualizacija vmesnosti v omrežju vseh podaj ob upoštevanju povezav vrednosti 100 in več



V primerjavi s prej predstavljeno vmesnostjo, vmesnost na podlagi toka upošteva vrednosti povezav. Zato je izračunana na dveh omrežjih. Na binarnem, kjer ima povezava vrednost 1, če sta si igralca v smeri povezave podala vsaj enkrat in 0, če podaj ni bilo, torej se ne upošteva števila podaj. Vmesnost na podlagi toka je izračunana tudi na uteženem omrežju s povezavami uteženimi glede na število podaj. Rezultati po igralcih so predstavljeni v spodnji tabeli. Trije najpomembnejši igralci (#4, #8, in #29) ob različnem vrstnem redu ostajajo isti, prisotne pa so opaznejše spremembe med obema normaliziranimi vrednostma vmesnosti na podlagi toka. Vsi trije najpomembnejši nogometaši so opazno pridobili na vrednosti, ko smo upoštevali število podaj. Z izjemo igralcev #15, #26, #31 in #32 pa je šestnajstim preostalim igralcem ob upoštevanju števila podaj normalizirana vrednost vmesnosti na podlagi toka padla.

Tabela 4.5: Vmesnost na podlagi toka v omrežju vseh podaj

	Vmesnost na podlagi toka binariziranega omrežja	Vmesnost na podlagi toka uteženega omrežja
1 Roman Weidenfeller	4,234	2,955
4 Neven Subotić	7,464	11,859
5 Sebastian Kehl	2,408	0,764
7 Robert Lewandowski	5,787	4,520
8 Nuri Şahin	8,946	10,795
10 Mohamed Zidan	2,132	1,763
11 Dimitar Rangelov	0,439	0,004
14 Markus Feulner	2,871	0,794
15 Mats Hummels	5,640	7,645
16 Jakub Błaszczykowski	7,128	4,099
17 Dede	1,800	1,078
18 Lucas Barrios	7,128	5,933
19 Kevin Großkreutz	4,716	3,751
20 Mitchell Langerak	0,925	0,023
22 Sven Bender	4,367	3,720
23 Shinji Kagawa	2,856	2,522
25 Patrick Owomoyela	2,408	1,254
26 Łukasz Piszczek	6,691	6,844
27 Felipe Santana	3,399	3,346
29 Marcel Schmelzer	8,080	13,611
31 Mario Götze	7,163	8,106
32 Antonio da Silva	5,278	7,176
39 Marco Stiepermann	3,011	1,000

4.1.4 Kazala in opisi

Nazadnje smo na omrežju vseh podaj izračunali vrednosti za kazalo in opis posamezne točke. Algoritem za računanje teh upošteva tudi število podaj. Vrednosti so po točkah predstavljene v Tabeli 4.6. Igralec #8 je glede na vrednost najboljše kazalo in tudi najboljši opis. Gre sicer za igralca sredine igrišča, ki ima največje število tako izhodnih kot vhodnih podaj. Dobri kazali sta še nogometaša #29 in #31, ki sta prejela podaje s strani veliko dobrih opisov. Dobra opisa sta, poleg igralca #8, nogometaša #4 in #15. Oba sta centralna branilca z znatno več izhodnimi kot vhodnimi povezavami.

Tabela 4.6: Kazala in opisi v omrežju vseh podaj

	Kazalo	Opis
1 Roman Weidenfeller	0,1108	0,1857
4 Neven Subotić	0,3072	0,3789
5 Sebastian Kehl	0,0349	0,0410
7 Robert Lewandowski	0,1851	0,1028
8 Nuri Şahin	0,3865	0,4187
10 Mohamed Zidan	0,0134	0,0093
11 Dimitar Rangelov	0,0025	0,0008
14 Markus Feulner	0,0020	0,0022
15 Mats Hummels	0,3227	0,4073
16 Jakub Błaszczykowski	0,3227	0,1346
17 Dede	0,0093	0,0125
18 Lucas Barrios	0,2161	0,1310
19 Kevin Großkreutz	0,2407	0,2020
20 Mitchell Langerak	0,0015	0,0037
22 Sven Bender	0,2749	0,2933
23 Shinji Kagawa	0,1712	0,1262
25 Patrick Owomoyela	0,0540	0,0502
26 Łukasz Piszczek	0,2746	0,2624
27 Felipe Santana	0,1092	0,1185
29 Marcel Schmelzer	0,3583	0,3079
31 Mario Götze	0,3433	0,2774
32 Antonio da Silva	0,1574	0,1818
39 Marco Stiepermann	0,0014	0,0029

Slika 4.3 z debelino povezave ponazarja število podaj igralcev. Večji navpičen razteg točke v tem primeru pomeni boljše kazalo (točke so obarvano rumeno), vodoraven pa boljši opis (točke so obarvane rdeče). Točke, ki so hkrati dobro kazalo in opis, so obarvane zeleno, preostale točke so modre. Število obarvanih točk je sicer odvisno od

podaj za zadetek ni krepko povezano, saj 6 igralcev (#10, #11, #14, #17, #20 in #39) nima ne vhodnih ne izhodnih povezav. Diameter omrežja je 5, in sicer med igralcema #25 in #27. Prirejena (ker niso dosegljive vse točke) povprečna razdalja najkrajše poti med dvema dosegljivima točkama je enaka 1,90. Gostota omrežja brez dovoljenih zank znaša 0,17, kar pomeni, da si je med sabo žogo podalo 17 % parov točk.¹⁰

4.2.1 Stopnja in dostopnost brez upoštevanja uteži na povezavah

V omrežju podaj za zadetek so glede na vhodno stopnjo in dostopnost (Tabela 4.7) najpomembnejši igralci #18, #8, #23 in #31, glede na izhodno stopnjo ter dostopnost pa nogometaši #8, #31, #4 in #7. V primerjavi z omrežjem vseh podaj so pričakovano pomembnejši tisti igralci, ki igrajo bližje nasprotnikovemu голу.

Tabela 4.7: Stopnja in dostopnost v omrežju podaj za gol brez upoštevanja uteži na povezavah

	Relativna vhodna stopnja	Relativna izhodna stopnja	Relativna vhodna dostopnost	Relativna izhodna dostopnost
1 Roman Weidenfeller	0,0435	0,0870	0,2698	0,3110
4 Neven Subotić	0,2609	0,3478	0,4048	0,4904
5 Sebastian Kehl	0,0870	0,1304	0,3148	0,3864
7 Robert Lewandowski	0,3043	0,3478	0,4533	0,4250
8 Nuri Şahin	0,3478	0,5652	0,4722	0,5795
10 Mohamed Zidan	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11 Dimitar Rangelov	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14 Markus Feulner	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15 Mats Hummels	0,2174	0,3043	0,3908	0,4397
16 Jakub Błaszczykowski	0,2609	0,2174	0,4359	0,3864
17 Dede	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
18 Lucas Barrios	0,4348	0,2174	0,4928	0,3750
19 Kevin Großkreutz	0,2609	0,2609	0,4198	0,4113
20 Mitchell Langerak	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
22 Sven Bender	0,1739	0,2174	0,3778	0,4113
23 Shinji Kagawa	0,3478	0,2174	0,4533	0,3864
25 Patrick Owomoyela	0,0870	0,0870	0,3063	0,2965
26 Łukasz Piszczek	0,2174	0,2609	0,4048	0,4250
27 Felipe Santana	0,0435	0,0435	0,2061	0,3542
29 Marcel Schmelzer	0,1304	0,3043	0,3542	0,4113
31 Mario Götze	0,3478	0,3913	0,4722	0,4904
32 Antonio da Silva	0,0870	0,1304	0,3148	0,3110
39 Marco Stiepermann	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
GOL	0,4783	0,0000	0,5543	0,0000

¹⁰ V izračunu se upošteva tudi gol, ki sicer ne sme imeti izhodnih povezav.

4.2.2 Stopnja z upoštevanjem uteži na povezavah

Utežene vhodne stopnje za različne vrednosti alfa so izpisane v spodnji tabeli.

Tabela 4.8: Utežena vhodna stopnja za različne alfa v omrežju podaj za gol

Alfa	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1 Roman Weidenfeller	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1
4 Neven Subotić	6	6,25	6,51	6,78	7,06	7,35	7,65	7,97	8,30	8,64	9
5 Sebastian Kehl	2	2,14	2,30	2,46	2,64	2,83	3,03	3,25	3,48	3,73	4
7 Robert Lewandowski	7	7,39	7,80	8,23	8,68	9,17	9,67	10,21	10,77	11,37	12
8 Nuri Şahin	8	8,77	9,61	10,53	11,54	12,65	13,86	15,19	16,65	18,25	20
10 Mohamed Zidan	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
11 Dimitar Rangelov	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
14 Markus Feulner	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
15 Mats Hummels	5	5,41	5,85	6,33	6,85	7,42	8,02	8,68	9,40	10,17	11
16 Jakub Błaszczykowski	6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6
17 Dede	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
18 Lucas Barrios	10	10,72	11,49	12,31	13,20	14,14	15,16	16,25	17,41	18,66	20
19 Kevin Großkreutz	6	6,37	6,77	7,20	7,65	8,12	8,63	9,17	9,74	10,35	11
20 Mitchell Langerak	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
22 Sven Bender	4	4,09	4,18	4,28	4,37	4,47	4,57	4,68	4,78	4,89	5
23 Shinji Kagawa	8	8,26	8,53	8,80	9,09	9,38	9,68	10,00	10,32	10,66	11
25 Patrick Owomoyela	2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2
26 Łukasz Piszczek	5	5,24	5,49	5,76	6,03	6,32	6,63	6,95	7,28	7,63	8
27 Felipe Santana	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1
29 Marcel Schmelzer	3	3,31	3,65	4,03	4,44	4,90	5,40	5,96	6,58	7,25	8
31 Mario Götze	8	8,57	9,19	9,85	10,56	11,31	12,13	13,00	13,93	14,93	16
32 Antonio da Silva	2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2
39 Marco Stiepermann	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
GOL	11	13,10	15,59	18,57	22,11	26,32	31,34	37,32	44,44	52,91	63

Trije najpomembnejši nogometaši, ne glede na alfa, ostajajo isti (#8, #18, #31, brez upoštevanja števila podaj sicer tudi #23). Enako ne velja za izhodno stopnjo (Tabela 4.9), kjer sta nogometaša #8 in #31 venomer med najpomembnejšimi, #7 pa pri alfa 0.6 zamenja #18. Razlog je 8 zadetkov nogometaša #7 in v primerjav s 16 goli #18 (Priloga A), medtem ko je #7 imel izhodne povezave z večjim številom različnih točk; osmimi proti petim #8.

Tabela 4.9: Utežena izhodna stopnja za različne alfa v omrežju podaj za gol

Alfa	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1 Roman Weidenfeller	2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2
4 Neven Subotić	8	8,18	8,37	8,55	8,75	8,94	9,15	9,35	9,56	9,78	10
5 Sebastian Kehl	3	3,09	3,18	3,27	3,37	3,46	3,57	3,67	3,78	3,89	4
7 Robert Lewandowski	8	8,57	9,19	9,85	10,56	11,31	12,13	13,00	13,93	14,93	16
8 Nuri Şahin	13	14,35	15,85	17,50	19,32	21,33	23,55	26,00	28,71	31,70	35
10 Mohamed Zidan	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
11 Dimitar Rangelov	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
14 Markus Feulner	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
15 Mats Hummels	7	7,55	8,15	8,80	9,50	10,25	11,06	11,93	12,88	13,90	15
16 Jakub Błaszczykowski	5	5,36	5,74	6,16	6,60	7,07	7,58	8,12	8,71	9,33	10
17 Dede	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
18 Lucas Barrios	5	5,85	6,84	8,00	9,36	10,95	12,81	14,99	17,54	20,52	24
19 Kevin Großkreutz	6	6,70	7,47	8,34	9,31	10,39	11,60	12,95	14,45	16,13	18
20 Mitchell Langerak	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
22 Sven Bender	5	5,30	5,62	5,96	6,33	6,71	7,11	7,55	8,00	8,49	9
23 Shinji Kagawa	5	5,50	6,05	6,66	7,33	8,06	8,87	9,76	10,74	11,82	13
25 Patrick Owomoyela	2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2
26 Łukasz Piszczek	6	6,31	6,65	6,99	7,36	7,75	8,15	8,58	9,03	9,50	10
27 Felipe Santana	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1
29 Marcel Schmelzer	7	7,55	8,15	8,80	9,50	10,25	11,06	11,93	12,88	13,90	15
31 Mario Götze	9	9,89	10,86	11,93	13,10	14,39	15,80	17,36	19,06	20,94	23
32 Antonio da Silva	3	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3
39 Marco Stiepermann	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
GOL	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0

4.2.3 Vmesnost

Glede na vmesnost in vmesnost na podlagi toka, računano na binarnem in uteženem omrežju, sta igralca #8 in #4 vedno med tremi najpomembnejšimi, pri vmesnosti je to tudi #31. Presenetljivo je pri vmesnosti na podlagi toka tretji najpomembnejši igralec (z in brez upoštevanja uteži) v omrežju podaj za gol igralec #1, ki je vratar. Na splošno sicer velja, da je pomembnost manj napadalnih igralcev v primerjavi z bolj napadalnimi večja pri vmesnosti in manjša v primeru vhodne in izhodne stopnje.

Tabela 4.10: Vmesnosti v omrežju podaj za gol

	Vmesnost	Vmesnost na podlagi toka binariziranega omrežja	Vmesnost na podlagi toka uteženega omrežja
1 Roman Weidenfeller	0,0296	6,895	6,620
4 Neven Subotić	0,0809	16,746	12,355
5 Sebastian Kehl	0,0012	0,643	1,410
7 Robert Lewandowski	0,0298	3,453	2,642
8 Nuri Şahin	0,1128	10,635	13,118
10 Mohamed Zidan	0,0000	0,000	0,000
11 Dimitar Rangelov	0,0000	0,000	0,000
14 Markus Feulner	0,0000	0,000	0,000
15 Mats Hummels	0,0337	3,007	2,858
16 Jakub Błaszczykowski	0,0351	3,729	3,659
17 Dede	0,0000	0,000	0,000
18 Lucas Barrios	0,0262	4,094	4,589
19 Kevin Großkreutz	0,0224	3,531	3,782
20 Mitchell Langerak	0,0000	0,000	0,000
22 Sven Bender	0,0117	1,327	1,712
23 Shinji Kagawa	0,0201	3,475	2,676
25 Patrick Owomoyela	0,0008	0,471	0,451
26 Łukasz Piszczek	0,0282	2,994	3,569
27 Felipe Santana	0,0042	1,655	1,581
29 Marcel Schmelzer	0,0118	2,751	2,386
31 Mario Götze	0,0657	4,197	5,346
32 Antonio da Silva	0,0016	0,876	0,585
39 Marco Stiepermann	0,0000	0,000	0,000
GOL	0,0000	0,000	0,000

4.2.4 Kazala in opisi

Rezultati uteži za kazala in opise so predstavljeni v Tabeli 4.11. Igralca #18 in #19 sta med tremi najboljšimi kazali in opisi, med tremi kazali je poleg njiju še nogometaš #8, med opisi pa #31. Treba je poudariti, da ima pri prikazanih rezultatih močan vpliv točka gol, ki je bila predhodno, ker ne gre za igralca, namerno izpuščena iz interpretacij najpomembnejših točk v omrežju podaj za zadetek. Točka gol, ki je tudi izrazito najboljši opis v omrežju, ima namreč največ, 63, vhodnih povezav (Tabela 4.8). Točki gol glede na vhodno stopnjo pri alfa 1,0 sledita nogometaša #8 in #18, ki sta v tem omrežju prejela več kot trikrat manj podaj, vsak po 20. Najboljša kazala so tako

nogometaši z visokim številom zadetkov, kar potrjuje tudi podatek, da nihče izmed treh najboljših kazal ni dosegel manj kot 6 golov (število zadetkov po igralcu je v Prilogi B).

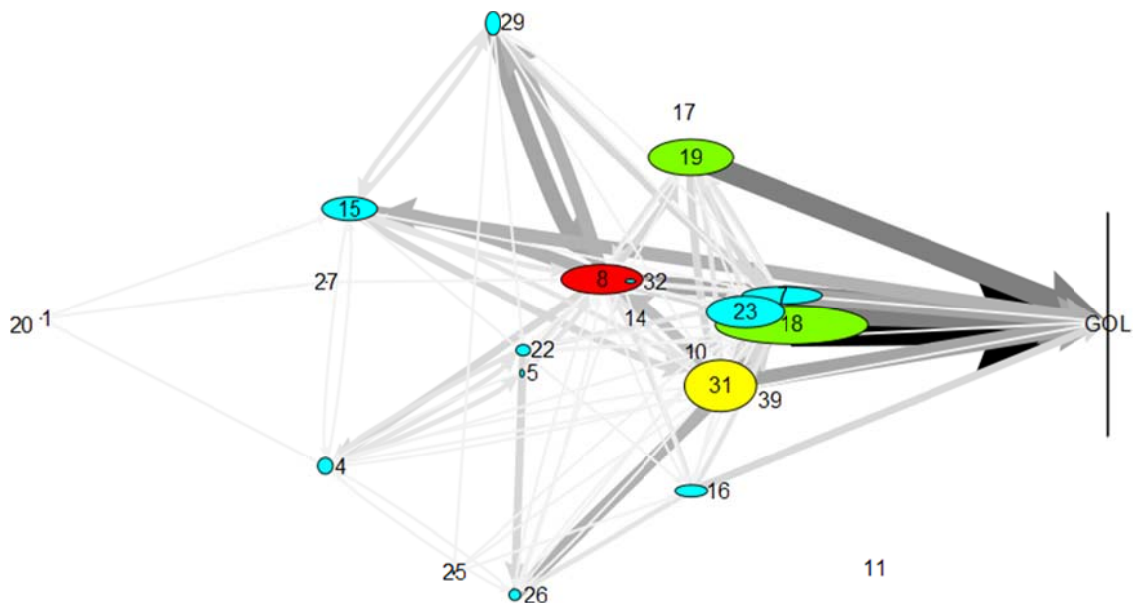
Tabela 4.11: Kazala in opisi v omrežju podaj za gol

	Kazalo	Opis
1 Roman Weidenfeller	0,0038	0,0024
4 Neven Subotić	0,0620	0,0667
5 Sebastian Kehl	0,0178	0,0310
7 Robert Lewandowski	0,3291	0,0714
8 Nuri Şahin	0,3327	0,1191
10 Mohamed Zidan	0,0000	0,0000
11 Dimitar Rangelov	0,0000	0,0000
14 Markus Feulner	0,0000	0,0000
15 Mats Hummels	0,2289	0,0956
16 Jakub Błaszczykowski	0,1316	0,0484
17 Dede	0,0000	0,0000
18 Lucas Barrios	0,6243	0,1577
19 Kevin Großkreutz	0,3463	0,1496
20 Mitchell Langerak	0,0000	0,0000
22 Sven Bender	0,0584	0,0448
23 Shinji Kagawa	0,3169	0,1303
25 Patrick Owomoyela	0,0070	0,0139
26 Łukasz Piszczek	0,0467	0,0456
27 Felipe Santana	0,0047	0,0001
29 Marcel Schmelzer	0,0607	0,0961
31 Mario Götze	0,2928	0,2103
32 Antonio da Silva	0,0441	0,0154
39 Marco Stiepermann	0,0000	0,0000
GOL	0,0000	0,9174

Na Sliki 4.4 je predstavljena vizualizacija točk glede na vrednost za kazalo in opis. Večji navpičen razteg točke pomeni boljše kazalo (točke so obarvano rumeno) in vodoraven boljši opis (točke so obarvane rdeče). Točke, ki so hkrati dobro kazalo in opis, so obarvane zeleno, preostale niso obarvane. V omrežju podaj za zadetek smo nastavili obarvanje 3 najboljših kazal in 4 najboljših opisov, ker ob nastavljenih 3 opisih obarva 2 igralca in gol. Glede na prej ugotovljen vpliv točke gol na vrednost uteži za kazalo so iz slike razvidni opaznejši vodoravni raztegi točk, ki imajo visoke vrednosti uteži na povezavah v gol (veliko število zadetkov). V celoti gledano so boljši opisi in

kazala načeloma igralci, ki so igrali bližje голу, to so predvsem napadalci in bolj napadalno usmerjeni vezisti, izjema je branilec #15.

Slika 4.4: Vizualizacija kazal in opisov v omrežju podaj za gol



4.3 Vplivi na oceno vrednosti igralca

V Tabelah 4.12 in 4.13 so predstavljeni korelacijski koeficienti za izračunane mere pomembnosti s tremi vrednostmi igralcev. Pearsonov koeficient korelacije meri linearno povezanost med spremenljivkama na intervalu $[-1,1]$, kjer pozitivna vrednost pomeni večanje druge spremenljivke s prvo, negativna pa manjšanje druge z večanjem prve (Ferligoj 1995, 176–7). Bliže kot je absolutna vrednost koeficienta 1, močnejša je povezanost med spremenljivkama (Ferligoj 1995, 177). Zajete so tri vrednosti: vrednost1 je vrednost na začetku ligaške sezone, vrednost2 se nanaša na sredino, tj. po polovici odigranih tekem, in vrednost3 na konec sezone prve nemške Bundeslige. Vrednost igralca se namreč med sezono spreminja, zato je pričakovati, da bodo korelacije najvišje pri zadnji odmerjeni vrednosti, tj. na koncu sezone. Iz tabel je razvidno, da glede na izračunane vrednosti obeh omrežij korelacijski koeficient večinoma narašča proti 1 s kasnejšim časom meritve ocene vrednosti (korelacija z vrednost1 < korelacija z vrednost2 < korelacija z vrednost3). To ne velja le pri obeh vmesnostih na podlagi toka, izračunanih na omrežju podaj za zadetek. Ker so podatki o podajah zbrani za vso sezono (so enaki podatkom na koncu sezone) in je korelacijski

koeficient najvišji pri oceni vrednosti po končani sezoni, to še bolj kaže na to, da so izračunane mere dejansko povezane z oceno igralčeve vrednosti.

Tabela 4.12: Korelacija izračunanih stopenj z oceno vrednosti igralca

	Vse podaje			Podaje za gol		
	vrednos t1	vrednos t2	vrednos t3	vrednos t1	vrednos t2	vrednos t3
Relativna vhodna stopnja	0,569	0,666	0,673	0,573	0,792	0,808
Relativna izhodna stopnja	0,576	0,680	0,706	0,616	0,802	0,839
Utežena vhodna stopnja alfa=0,0	0,569	0,666	0,673	0,573	0,792	0,808
Utežena vhodna stopnja alfa=0,1	0,573	0,699	0,723	0,579	0,801	0,819
Utežena vhodna stopnja alfa=0,2	0,570	0,717	0,753	0,584	0,808	0,829
Utežena vhodna stopnja alfa=0,3	0,566	0,728	0,774	0,588	0,814	0,837
Utežena vhodna stopnja alfa=0,4	0,561	0,736	0,790	0,592	0,820	0,845
Utežena vhodna stopnja alfa=0,5	0,556	0,742	0,803	0,595	0,824	0,851
Utežena vhodna stopnja alfa=0,6	0,550	0,746	0,813	0,598	0,828	0,856
Utežena vhodna stopnja alfa=0,7	0,545	0,749	0,822	0,600	0,831	0,860
Utežena vhodna stopnja alfa=0,8	0,540	0,751	0,828	0,602	0,833	0,864
Utežena vhodna stopnja alfa=0,9	0,535	0,753	0,834	0,603	0,835	0,866
Utežena vhodna stopnja alfa=1,0	0,529	0,753	0,838	0,604	0,836	0,868
Utežena izhodna stopnja alfa=0,0	0,576	0,680	0,706	0,616	0,802	0,839
Utežena izhodna stopnja alfa=0,1	0,580	0,702	0,740	0,613	0,807	0,845
Utežena izhodna stopnja alfa=0,2	0,581	0,714	0,761	0,609	0,812	0,849
Utežena izhodna stopnja alfa=0,3	0,581	0,722	0,775	0,605	0,815	0,852
Utežena izhodna stopnja alfa=0,4	0,582	0,727	0,786	0,601	0,817	0,855
Utežena izhodna stopnja alfa=0,5	0,582	0,731	0,794	0,596	0,819	0,856
Utežena izhodna stopnja alfa=0,6	0,583	0,735	0,800	0,593	0,819	0,856
Utežena izhodna stopnja alfa=0,7	0,585	0,737	0,804	0,588	0,819	0,855
Utežena izhodna stopnja alfa=0,8	0,587	0,739	0,808	0,584	0,818	0,853
Utežena izhodna stopnja alfa=0,9	0,589	0,741	0,810	0,581	0,817	0,850
Utežena izhodna stopnja alfa=1,0	0,591	0,742	0,812	0,577	0,814	0,846

V nadaljevanju se osredotočamo na interpretacijo korelacij z vrednostjo na koncu sezone. Samo ta je namreč v skladu s časovnim intervalom nastalih podatkov o podajah in jih kot edina zajema v celoti. Pri zadnji odmerjeni vrednosti večinoma velja, da gre za močno povezanost, saj je Pearsonov koeficient korelacije le dvakrat manjši od 0,6. Korelacija je, v primerjavi z omrežjem vseh podaj, pri vseh izračunanih stopnjah in vhodni dostopnosti močnejša na omrežju podaj za zadetek. Zaradi manjšega števila

povezav in vrednosti na povezavah v omrežju podaj za zadetek,¹¹ v tem primeru nismo računali vmesnosti na določenih najmanjših vrednostih uteži. Pričakovano je, prav zaradi manjšega števila povezav in njihovih vrednosti, korelacija višja v omrežju podaj za zadetek, kadar se pri računanju vmesnosti upoštevajo vse povezave. Pri vmesnostih na podlagi toka med omrežjema ni bistvenih razlik, nepričakovano pa je v omrežju vseh podaj (sicer minimalno) korelacija višja, kadar se uteži na povezavah ne upoštevajo, čeprav je bil razlog za izračun te vmesnosti predvsem upoštevanje tudi števila podaj istemu igralcu. Vmesnost na podlagi toka se v omrežju vseh podaj sicer izkaže kot boljša od »običajne« Freemanove vmesnosti, z izjemo vmesnosti na omrežju z utežmi najmanj 25 (kar je 0,71 podaj na tekmo). Vrednosti za opis in kazalo močneje korelirajo z vrednostjo, kadar so izračunane na omrežju vseh podaj.

Tabela 4.13: Korelacija izračunanih mer vmesnosti, dostopnosti ter kazal in opisov z oceno vrednosti igralca

	Vse podaje			Podaje za gol		
	vredno st1	vredno st2	vredno st3	vredno st1	vredno st2	vredno st3
Relativna vhodna dostopnost	0,589	0,686	0,694	0,521	0,688	0,707
Relativna izhodna dostopnost	0,612	0,721	0,752	0,564	0,700	0,724
Relativna vmesnost ob upoštevanju povezav vrednosti najmanj 1	0,641	0,659	0,651	0,721	0,845	0,849
Relativna vmesnost ob upoštevanju povezav vrednosti najmanj 5	-0,020	0,112	0,186	-	-	-
Relativna vmesnost ob upoštevanju povezav vrednosti najmanj 10	0,322	0,419	0,434	-	-	-
Relativna vmesnost ob upoštevanju povezav vrednosti najmanj 25	0,650	0,746	0,752	-	-	-
Relativna vmesnost ob upoštevanju povezav vrednosti najmanj 50	0,272	0,556	0,703	-	-	-
Relativna vmesnost ob upoštevanju povezav vrednosti najmanj 100	0,643	0,684	0,668	-	-	-
Vmesnost na podlagi toka (binarno omrežje)	0,669	0,715	0,725	0,788	0,770	0,720
Vmesnost na podlagi toka (uteženo omrežje)	0,560	0,667	0,718	0,782	0,823	0,784
Kazalo	0,557	0,743	0,806	0,465	0,672	0,680
Opis	0,598	0,743	0,807	0,357	0,676	0,777

Do najmočnejših korelacij vrednosti z merami, ki smo jih računali na omrežju vseh podaj, prihaja pri uteženi vhodni in izhodni stopnji, kadar se upošteva samo število podaj, ne pa tudi število različnih igralcev, ki so podaje prejeli. Podobno močna povezanost je pri vrednostih za opise in kazala. V omrežju podaj za gol so bile vrednosti

¹¹ 53% povezav ima vrednost 1, gostota omrežja je 0,17, povprečna vrednost povezave pa 2,2. Za primerjavo je gostota omrežja vseh podaj 0,66 in povprečna vrednost povezave 32,4.

Pearsonovega koeficienta korelacije pri najmočnejših povezanostih še nekoliko višje. Najmočnejša korelacija je tako pri uteženi vhodni stopnji, kjer se upošteva samo število podaj, ne pa tudi števila različnih igralcev, ki so podaje prejeli. Podobno visoka je korelacija izhodne stopnje v primeru, ko se upošteva tako skupno število podaj in zadetkov, kot tudi število različnih igralcev, katerim so bile podaje namenjene (pri alfa 0,5 in 0,6). Podobno močna korelacija je še pri vmesnosti ob upoštevanju vseh povezav.

5 Zaključek

Namen diplomske naloge je bil identificiranje ključnih nogometašev nogometnega moštva Borussia Dortmund pri doseganju zadetkov. V ta namen smo izračunali mere pomembnosti igralcev nogometne ekipe glede na potek podaj v njihovih igrah. Po naših izračunih je nogometas #8, Nuri Şahin, ključen igralec moštva pri doseganju zadetkov. Največkrat se namreč pojavlja med najpomembnejšimi igralci¹² in je hkrati glede na različne mere največkrat prvi po pomembnosti. Na koncu sezone (ne pa tudi na začetku) je bila tudi njegova vrednost najvišja med igralci v ekipi in je znašala 20 milijonov €. Zelo pogosto se med najpomembnejšimi pojavlja tudi igralec #31, Mario Götze, ki je bil pred začetkom sezone ocenjen na 1,5 milijona €, na koncu sezone pa je ta vrednost narasla na 18 milijonov €, kar pomeni dvanajstkrat višjo vrednost igralca na koncu v primerjavi z začetkom sezone. To je največja rast v vrednosti katerega od igralcev, vključenih v analizo. Ugotovili smo, da med ključne igralce sodijo še #4 (Neven Subotić), #29 (Marcel Schmelzer) in #18 (Lucas Barrios).

Različna spletna mesta, ki se osredotočajo na nogomet, izbirajo najboljše nogometaše na različnih geografskih področjih. Če se osredotočimo na podatke, ki veljajo za igralce analiziranega kluba Borussia Dortmund, lahko ugotovimo, da so v večini primerov spletna mesta kot najboljše nogometaše ocenila iste nogometaše, ki so se tudi v rezultatih analize omrežij izkazali za ključne pri doseganju zadetkov. Pri Bundesliga Fanatic, kjer se osredotočajo na spremljanje nemške lige, so izbirali 25 najboljših igralcev 1. Bundeslige, ki so jih razvrstili po vrstnem redu. Za najboljšega je bil izbran #8 Nuri Şahin, kot 2. najboljši #15 Mats Hummels, 7. #31 Mario Götze, 14. # 22 Sven Bender, 15. #18 Lucas Barrios, 21. #29 Marcel Schmelzer in 22. #4 Neven Subotic (Bundesliga Fanatic 2011). Na spletnem mestu Sports Pundit so izbrali 5 najboljših igralcev 1. Bundeslige v sezoni 2010/11. Za najboljšega je bil ponovno izbran #8 Nuri Şahin, drugi je bil ponovno #15 Mats Hummels, četrti pa je bil v tem izboru igralec #31 Mario Götze (Sports Pundit 2011). Na spletnem mestu goal.com so za sezono 2010/11 naredili tri izbore, ki zajemajo 1. nemško ligo. Kot trije najboljši igralci (brez vrstnega reda) so bili izbrani #8 Nuri Şahin, #15 Mats Hummels in #31 Mario Götze (goal.com 2011a). V najboljšo enajsterico 1. Bundeslige za sezono 2010/11 so bili izbrani #26

¹² Za range igralcev glede na posamezno mero pomembnosti glej Prilogo Č.

Łukasz Piszczek (desni bočni branilec), #4 Neven Subotic (centralni branilec), #15 Mats Hummels (centralni branilec), #29 Marcel Schmelzer (levi bočni branilec), #8 Nuri Sahin (centralni vezist) in #31 Mario Gotze (centralni napadalni vezist) (goal.com 2011b). Pri tem izboru niso razvrstili igralcev po vrstnem redu, poleg tega pa so izbirali nogometaše glede na njihov igralni položaj. Izbrali so, po vrstnem redu, še 50 najboljših nogometašev na svetu v sezoni 2010/11. Izmed igralcev Borussia Dortmund so bili izbrani kot 14. #8 Nuri Şahin, 42. #15 Mats Hummels, 47. #18 Lucas Barrios in 48. #31 Mario Götze (goal.com 2011c). V primerjavi z našimi ugotovitvami, se med najboljšimi igralci večkrat pojavi #15 Mats Hummels, ki ga glede na naše izračune ne moremo izpostaviti kot enega izmed petih najboljših. Če pogledamo range igralcev glede na izračunane mere pomembnosti (Priloga Č), sicer lahko ugotovimo, da je glede na izračunane mere #15 po pomembnosti visoko, vendar je manj pomemben od izpostavljenih peterice igralcev. Razlog je lahko ta, da gre za centralnega branilca, ki je bil med najboljše igralce izbran zaradi prispevka v obrambi, v naši analizi pa se osredotočamo na pomembnost pri doseganju zadetkov. Drugi igralec, ki ga nismo izpostavili kot enega izmed najpomembnejših, je bil izbran v najboljšo enajsterico 1. Bundeslige (goal.com 2011b), to je nogometaš #26 Łukasz Piszczek. Vendar pa je izbor temeljil na igralnih položajih, kjer vrstni red igralcev po kakovosti ni bil izpostavljen. Zato na podlagi tega ne moremo zanesljivo domnevati, da so ga izbrali kot enega najboljših v klubu. Enkrat je kot 4. najboljši po vrstnem redu v analiziranem klubu izbran igralec sredine #22 Sven Bender, ki ga po naših merah prav tako ne moremo umestiti med pet najboljših. Glede na prikazane slike omrežij (npr. Slika 4.1) lahko razberemo, da gre v vseh treh primerih za bolj obrambne nogometaše. Ker smo v naši analizi upoštevali predvsem prispevek v napadu, je lahko v tem razlog, da jih nismo mogli identificirati kot najpomembnejše. V vsakem primeru pa lahko ugotovimo, da je bil kot najboljši izmed igralcev Borussia Dortmund vedno izbran #8 Nuri Şahin, ki smo ga tudi mi glede na izračunane mere določili za najpomembnejšega. Na dobre nastope tega igralca kaže tudi podatek, da je po končani sezoni prestopil v drugi najvrednejši klub na svetu (po podatkih Forbes 2011), Real Madrid.¹³ Prav tako so bili ostali štirje nogometaši, ki smo jih izpostavili kot najpomembnejše pri doseganju zadetkov, izbrani

¹³ Borussia Dortmund je sicer na tej lestvici na 20. mestu (Forbes 2011).

med najboljše igralce v klubu na vsaj eni od omenjenih lestvic, kar kaže na ustreznost uporabljenih mer za določanje ključnih igralcev nogometnega moštva.

Izračunane mere pomembnosti na dveh omrežjih so načeloma močnejše korelirale z oceno vrednosti, ko gre za omrežje podaj, ki so se zgodile pred doseženim zadetkom. To nakazuje, da ima na vrednost odločilnejši vpliv sodelovanje pri doseganju zadetkov (in doseganje teh), torej učinkovitost pred vpletenostjo v igro, kot bi lahko razumeli pomembnosti v omrežju vseh podaj. Ne glede na to, je v obeh primerih prihajalo do močnih korelacij med izračunanimi merami in ocenami vrednosti. Poleg tega je korelacija naraščala glede na čas ocene vrednosti. Zato lahko predvidevamo, da se pri dodeljevanju ocene vrednosti upošteva podobne dejavnike, kot smo jih zajeli pri računanju različnih mer pomembnosti v dveh omrežjih podaj. Vse to kaže na primernost preučevanja omrežij podaj in vzetih mer pomembnosti za pokazatelje kakovosti posameznikove igre v nogometnem moštvu.

Glede na korelacije z oceno vrednosti igralca se kot najboljše mere pri preučevanju omrežja vseh podaj kažejo utežena vhodna in izhodna stopnja pri alfa 1 ter kazala in opisi. Kot ustrezna mera se je pokazala tudi vmesnost, najbolj v primeru, ko smo upoštevali samo povezave vrednosti 25 in več. Ko gre za omrežje podaj za gol, kjer se upošteva tudi število zadetkov igralca, je prav tako primerna utežena vhodna in izhodna stopnja pri alfa 1. Pri izhodni stopnji se je v našem primeru izkazalo, da je dobro upoštevati tudi število podaj različnim igralcem (utežena izhodna stopnja pri alfa 0,5 ali 0,6). V primeru omrežja podaj za zadetek se kot ustrezna mera izkaže tudi vmesnost. Vmesnost na podlagi toka se je v primeru obeh omrežij pokazala kot ustrezna, pri tem pa ni prihajalo do bistvenih razlik v primerih, ko se je uteži na povezavah upoštevalo in kadar se jih ni.

6 Literatura

- Analytic Technologies. 2011. *UCINET reference manual*. Dostopno prek: <http://www.analytictech.com/ucinet/documentation/reference.rtf> (14. avgust 2011).
- Ashworth, John in Bruno Heyndels. 2007. Selection Bias and Peer Effects in Team Sports: The Effect of Age Grouping on Earnings of German Soccer Players. *Journal of Sports Economics* 8 (4): 355–77.
- Batagelj, Vladimir in Andrej Mrvar. 2011. *Program Pajek* (različica 2.04 - 64bit / Book Edition 2). Dostopno prek: <http://pajek.imfm.si/> (11. julij 2011).
- Battré, Marcel, Christian Deutscher in Bernd Frick. 2008. *Salary Determination in the German "Bundesliga": A Panel Study*. Dostopno prek: <http://wpeg.group.shef.ac.uk/Archive/papers2009/53Frick.pdf> (10. julij 2011).
- Borgatti, Stephen P. 2005. Centrality and network flow. *Social Networks* 27 (1): 55–77.
- , Martin G. Everett in Linton C. Freeman. 2002. *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis* (različica 6.347). Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Bryson, Alex, Bernd Frick in Rob Simmons. 2009. *The Returns to Scarce Talent: Footedness and Player Remuneration in European Soccer*. Dostopno prek: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.157.1801&rep=rep1&type=pdf> (10. julij 2011).
- bundesliga.de*. Dostopno prek: <http://www.bundesliga.de/de/> (1. junij 2011).
- Bundesliga Fanatic. 2011. *Top 25 Bundesliga Players 2010/11*. Dostopno prek: <http://bundesligafanatic.com/?p=3956> (21. avgust 2011).
- Caligiuri, Paul in Dan Herbst. 1998. *Nogomet – Tehnike i taktike za vrhunsku igru*. Zagreb: Gopal.
- Carling, Cristopher, A. Mark Williams in Thomas Reilly. 2007. *Handbook of Soccer Match Analysis*. London: Routledge.
- de Nooy, Wouter, Andrej Mrvar in Vladimir Batagelj. 2005. *Exploratory Network Analysis with Pajek*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Duch, Jordi, Joshua S. Waitzman in Luís A. Nunes Amaral. 2010. Quantifying the Performance of Individual Players in a Team Activity. *PLoS ONE* 5 (6).
- Elsner, Branko. 1997. *Nogomet – Teorija igre*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- FAS.research. 2004. *Know your network! – Key-Player analysis: Identify Key-Player*. Dostopno prek: http://mrvar.fdv.uni-lj.si/sola/info4/andrej/soccer_euro2004.ppt (9. junij 2011).
- Ferligoj, Anuška. 1995. *Osnove statistike na prosojnicah*. Ljubljana: Samozaložba.
- Forbes. 2011. *The World's Most Valuable Soccer Teams*. Dostopno prek: http://www.forbes.com/2011/04/20/worlds-most-valuable-soccer-teams_slide.html (15. avgust 2011).
- Franck, Egon in Stephan Nüesch. 2008. Mechanisms of Superstar Formation in German Soccer: Empirical Evidence. *European Sport Management Quarterly* 8 (2): 145–64.
- Franck, Ian M. in Tim McGarry. 1996. The Science of match analysis. V *Science and Soccer*, ur. Thomas Reilly, 363–75. London: E & FN Spon.
- Freeman, Linton C., Stephen P. Borgatti in Douglas R. White. 1991. Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow. *Social Networks* 13 (2): 141–54.
- goal.com. 2011a. *Bundesliga Player of the Season 2010-11*. Dostopno prek: <http://www.goal.com/en-us/news/87/germany/2011/05/18/2492545/bundesliga-player-of-the-season-2010-11> (21. avgust 2011).
- 2011b. *Bundesliga Team of the Season 2010-11*. Dostopno prek: <http://www.goal.com/en-gb/news/3275/bundesliga/2011/05/17/2490666/bundesliga-team-of-the-season-2010-11> (21. avgust 2011).
- 2011c. *goal.com 50*. Dostopno prek: <http://www.goal.com/en-us/news/2521/goalcom-50/> (21. avgust 2011).
- kicker online*. Dostopno prek: <http://www.kicker.de/> (13. junij 2011).
- Kleinberg, Jon M. 1999. Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment. *Journal of the ACM* 46 (5): 604–32.

- Kooij, Robert, Almerima Jamakovic, Frank van Kesteren, Tim de Koning, Ildiko Theisler in Pim Veldhoven. 2009. The Dutch Soccer Team as a Social Network. *Connections* 29 (1): 4–14.
- LA84 Foundation. 2008. *Soccer Coaching Manual*. Los Angeles: LA87 Foundation. Dostopno prek: <http://www.la84foundation.org/3ce/CoachingManuals/LA84soccer.pdf> (6. julij 2011).
- Lusher, Dean, Garry Robins in Peter Kremer. 2010. The Application of Social Network Analysis to Team Sports. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 14 (4): 211–24.
- Lucifora, Claudio in Rob Simmons. 2003. Superstar Effects in Sport : Evidence From Italian Soccer. *Journal of Sports Economics* 4 (1): 33–55.
- Luhtanen, Pekka, Antti Belinskij, Mikko Häyrinen in Tomi Vänttinen. 2001. A comparative tournament analysis between the EURO 1996 and 2000 in soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport* 1 (1): 74–82.
- Mrvar, Andrej. 2011a. *Mere pomembnosti posamezne enote*. Dostopno prek: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/sola/info4/uvod/mrvar4a.pdf> (9. julij 2011).
- 2011b. *Središčnost in pomembnost*. Dostopno prek: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/sola/info4/uvod/mrvar4.pdf> (9. julij 2011).
- 2011c. *Skupina enot*. Dostopno prek: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/sola/info4/uvod/mrvar3.pdf> (13. julij 2011).
- 2011č. *Omrežje*. Dostopno prek: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/sola/info4/uvod/mrvar1.pdf> (9. julij 2011).
- Onody, Roberto N. in Paulo A. de Castro. 2004. *Complex network study of Brazilian soccer players*. Dostopno prek: <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0409609v2> (11. julij 2011).
- Opsahl, Tore, Filip Agneessens in John Skvoretz. 2010. Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social Networks* 32 (3): 245–51.

- Park, Kyoung-Jin in Alper Yilmaz. 2010. Social Network Approach to Analysis of Soccer Game. *International Conf. on Pattern Recognition oral presentation*. Dostopno prek: dpl.ceegs.ohio-state.edu/papers/park_icpr_2010.pdf (9. julij 2011).
- Sarangi, Sudipta in Emre Unlu. 2010. Key Players and Key Groups in Teams: A Network Approach Using Soccer Data. *DIW Berlin Discussion Paper No. 1053*. Dostopno prek: http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.361303.de/dp1053.pdf (7. julij 2011).
- Sports Pundit. 2011. *2010/11 German Bundesliga Top Five Players*. Dostopno prek: <http://www.sportspundit.com/soccer/articles/6970-2010-11-german-bundesliga-top-five-players> (21. avgust 2011).
- Torgler, Benno in Sascha L. Schmidt. 2007. What shapes player performance in soccer? Empirical findings from a panel analysis. *Applied Economics* 39 (18): 2355–69.
- Torgler, Benno, Sascha L. Schmidt in Bruno S. Frey. 2006. *Relative Income Position and Performance: An Empirical Panel Analysis*. Dostopno prek: http://www.yale.edu/leitner/resources/docs/relative_income_performance_torgler_et_al_leitner.pdf (13. julij 2011).
- transfermarkt.de*. Dostopno prek: <http://www.transfermarkt.de/> (13. julij 2011).
- Verdenik, Zdenko. 1999. *Model igre slovenske nogometne reprezentance*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Wesson, John. 2002. *The Science of Soccer*. Bristol: IOP Publishing.

Priloga A: Končna razvrstitev klubov

Mesto	Klub	Št. Tekem	Zmage	Neodločeno	Porazi	Doseženi:prejeti zadetki	Točke
1	Borussia Dortmund	34	23	6	5	67:22	75
2	Bayer 04 Leverkusen	34	20	8	6	64:44	68
3	FC Bayern München	34	19	8	7	81:40	65
4	Hannover 96	34	19	3	12	49:45	60
5	1. FSV Mainz 05	34	18	4	12	52:39	58
6	1. FC Nürnberg	34	13	8	13	47:45	47
7	1. FC Kaiserslautern	34	13	7	14	48:51	46
8	Hamburger SV	34	12	9	13	46:52	45
9	SC Freiburg	34	13	5	16	41:50	44
10	1. FC Köln	34	13	5	16	47:62	44
11	1899 Hoffenheim	34	11	10	13	50:50	43
12	VfB Stuttgart	34	12	6	16	60:59	42
13	SV Werder Bremen	34	10	11	13	47:61	41
14	FC Schalke 04	34	11	7	16	38:44	40
15	VfL Wolfsburg	34	9	11	14	43:48	38
16	Borussia Mönchengladbach	34	10	6	18	48:65	36
17	Eintracht Frankfurt	34	9	7	18	31:49	34
18	FC St. Pauli	34	8	5	21	35:68	29

Vir: bundesliga.de.

Priloga B: Osnovne statistike igralcev

	Zadetki	Asistence	Igral na tekmah	Začet tekmo	V igro kot menjava	Zamenjan	Letnik rojstva
1 Roman Weidenfeller	0	0	33	33	0	0	1980
4 Neven Subotić	1	0	31	31	0	1	1988
5 Sebastian Kehl	0	1	6	3	3	2	1980
7 Robert Lewandowski	8	3	33	15	18	9	1988
8 Nuri Şahin	6	8	30	30	0	10	1988
10 Mohamed Zidan	0	0	8	0	8	1	1981
11 Dimitar Rangelov	0	0	1	0	1	0	1983
14 Markus Feulner	0	0	6	0	6	0	1982
15 Mats Hummels	5	1	32	32	0	3	1988
16 Jakub Błaszczykowski	3	4	39	15	14	9	1985
17 Dede	0	0	4	0	4	0	1978
18 Lucas Barrios	16	6	32	29	3	12	1984
19 Kevin Großkreutz	8	7	34	32	2	21	1988
20 Mitchell Langerak	0	0	1	1	0	0	1988
22 Sven Bender	1	1	31	29	2	5	1989
23 Shinji Kagawa	8	1	18	17	1	10	1989
25 Patrick Owomoyela	0	1	6	5	1	1	1979
26 Łukasz Piszczek	0	7	33	29	4	0	1985
27 Felipe Santana	0	0	13	5	8	0	1986
29 Marcel Schmelzer	0	3	34	34	0	0	1988
31 Mario Götze	6	15	33	29	4	15	1992
32 Antonio da Silva	1	2	22	5	17	1	1978
39 Marco Stiepermann	0	0	4	0	4	0	1991

Vir: kicker online.

Priloga C: Ocene vrednosti igralcev v treh časovnih točkah

	Vrednost na začetku sezone	Vrednost na sredi sezone	Vrednost na koncu sezone
1 Roman Weidenfeller	4 500 000 €	4 500 000 €	5 000 000 €
4 Neven Subotić	15 000 000 €	15 000 000 €	18 000 000 €
5 Sebastian Kehl	5 000 000 €	3 500 000 €	2 500 000 €
7 Robert Lewandowski	6 000 000 €	6 000 000 €	7 000 000 €
8 Nuri Şahin	13 000 000 €	17 500 000 €	20 000 000 €
10 Mohamed Zidan	4 500 000 €	4 000 000 €	3 000 000 €
11 Dimitar Rangelov	1 750 000 €	1 500 000 €	1 500 000 €
14 Markus Feulner	1 750 000 €	1 250 000 €	1 000 000 €
15 Mats Hummels	10 000 000 €	13 000 000 €	18 000 000 €
16 Jakub Błaszczykowski	7 500 000 €	7 500 000 €	7 000 000 €
17 Dede	2 500 000 €	2 000 000 €	1 500 000 €
18 Lucas Barrios	11 000 000 €	14 000 000 €	17 000 000 €
19 Kevin Großkreutz	4 000 000 €	5 000 000 €	7 000 000 €
20 Mitchell Langerak	500 000 €	500 000 €	700 000 €
22 Sven Bender	4 000 000 €	6 500 000 €	9 000 000 €
23 Shinji Kagawa	2 500 000 €	8 000 000 €	8 000 000 €
25 Patrick Owomoyela	3 000 000 €	3 000 000 €	2 000 000 €
26 Łukasz Piszczek	2 500 000 €	3 500 000 €	6 000 000 €
27 Felipe Santana	4 000 000 €	3 500 000 €	4 000 000 €
29 Marcel Schmelzer	3 500 000 €	5 500 000 €	7 500 000 €
31 Mario Götze	1 500 000 €	9 000 000 €	18 000 000 €
32 Antonio da Silva	800 000 €	600 000 €	600 000 €
39 Marco Stiepermann	400 000 €	400 000 €	400 000 €

Vir: transfermarkt.de.

Priloga Č: Rangi igralcev glede na izračunane mere pomembnosti

	1 Roman Weidenfeller	4 Neven Subotić	5 Sebastian Kehl	7 Robert Lewandowski	8 Nuri Şahin	10 Mohamed Zidan	11 Dimitar Rangelov	14 Markus Feulner	15 Mats Hummels	16 Jakub Blaszczykowski	17 Dede	18 Lucas Barrios	19 Kevin Großkreutz	20 Mitchell Langerak	22 Sven Bender	23 Shinji Kagawa	25 Patrick Owomoyela	26 Łukasz Piszczek	27 Felipe Santana	29 Marcel Schmelzer	31 Mario Götze	32 Antonio da Silva	39 Marco Stiepermann	
Omrežje vseh podaj																								
Relativna vhodna stopnja	14	4	16	6	4	16	22	21	6	2	20	2	6	23	12	13	16	10	14	1	6	10	19	
Relativna izhodna stopnja	11	2	16	7	1	18	23	21	4	7	19	7	11	19	7	14	16	4	14	2	4	11	22	
Relativna vhodna dostopnost	14	4	16	6	4	16	21	22	6	2	20	2	6	23	12	13	16	10	14	1	6	10	19	
Relativna izhodna dostopnost	11	2	16	7	1	18	23	20	4	7	19	7	11	20	7	14	16	4	14	2	4	11	22	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,0	14	4	16	6	4	16	22	21	6	2	20	2	6	23	12	13	16	10	14	1	6	10	19	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,1	15	5	17	9	2	18	22	21	7	4	20	3	8	23	12	13	16	10	14	1	6	11	19	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,2	15	4	17	10	2	18	22	21	6	7	20	5	8	23	11	13	16	9	14	1	3	12	19	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,3	15	4	17	11	2	18	22	21	5	8	19	6	7	23	10	13	16	9	14	1	3	12	20	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,4	15	4	17	11	2	18	22	21	5	9	19	6	8	23	10	13	16	7	14	1	3	12	20	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,5	15	4	17	11	1	18	22	21	5	10	19	7	8	23	9	13	16	6	14	2	3	12	20	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,6	15	4	17	11	1	18	22	21	5	10	19	7	8	23	9	13	16	6	14	2	3	12	20	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,7	15	4	17	11	1	18	22	21	5	10	19	9	8	23	7	12	16	6	14	2	3	13	20	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,8	15	4	17	11	1	18	22	21	5	10	19	9	8	23	7	12	16	6	14	3	2	13	20	
Utežena vhodna stopnja alfa=0,9	15	5	17	10	1	18	22	21	4	11	19	9	8	23	7	12	16	6	14	3	2	13	20	
Utežena vhodna stopnja alfa=1,0	15	5	17	10	1	18	22	21	4	11	19	9	8	23	7	12	16	6	14	3	2	13	20	
Utežena izhodna stopnja alfa=0,0	11	2	16	7	1	18	23	21	4	7	19	7	11	19	7	14	16	4	14	2	4	11	22	
Utežena izhodna stopnja alfa=0,1	10	2	17	13	1	18	23	21	4	8	19	9	11	20	7	14	16	6	14	3	5	12	22	

	#1	#4	#5	#7	#8	#10	#11	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#22	#23	#25	#26	#27	#29	#31	#32	#39
Utežena izhodna stopnja alfa=0,2	8	2	17	13	1	18	23	21	3	11	19	12	9	20	7	15	16	6	14	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=0,3	8	2	17	13	1	18	23	21	3	11	19	12	9	20	7	15	16	6	14	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=0,4	8	2	17	13	1	18	23	21	3	11	19	12	9	20	7	15	16	6	14	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=0,5	8	3	17	13	1	18	23	21	2	11	19	12	9	20	6	15	16	7	14	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=0,6	8	3	17	13	1	18	23	21	2	11	19	12	9	20	6	15	16	7	14	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=0,7	8	3	17	15	1	18	23	21	2	11	19	12	9	20	6	14	16	7	13	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=0,8	8	3	17	15	1	19	23	21	2	11	18	12	9	20	6	14	16	7	13	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=0,9	8	3	17	15	1	19	23	21	2	11	18	12	9	20	6	14	16	7	13	4	5	10	22
Utežena izhodna stopnja alfa=1,0	8	3	17	15	1	19	23	21	2	11	18	12	9	20	6	14	16	7	13	4	5	10	22
Relat. vm. ob upoštevanju povezav 1 in več	11	2	20	9	3	14	22	16	5	8	17	4	11	22	13	19	20	6	14	1	10	7	17
Relat. vm. ob upoštevanju povezav 5 in več	13	6	16	7	4	18	19	19	8	10	19	12	14	19	10	9	15	4	17	1	2	3	19
Relat. vm. ob upoštevanju povezav 10 in več	15	4	17	16	2	18	18	18	5	9	18	14	12	18	10	8	11	7	13	1	6	3	18
Relat. vm. ob upoštevanju povezav 25 in več	13	2	16	11	1	16	16	16	5	15	16	10	7	16	6	14	16	7	12	4	3	9	16
Relat. vm. ob upoštevanju povezav 50 in več	11	6	12	12	2	12	12	12	3	12	12	9	10	12	7	12	12	8	12	5	1	4	12
Relat. vm. ob upoštevanju povezav 100 in več	8	2	8	8	1	8	8	8	4	8	8	8	8	8	7	8	8	3	8	5	6	8	8
Vmesnost na podlagi toka (binarno omrežje)	13	3	18	8	1	20	23	16	9	5	21	5	11	22	12	17	18	7	14	2	4	10	15
Vmesnost na podlagi toka (uteženo omrežje)	14	2	21	9	3	16	23	20	5	10	18	8	11	22	12	15	17	7	13	1	4	6	19
Kazalo	14	6	17	11	1	18	20	21	4	4	19	10	9	22	7	12	16	8	15	2	3	13	23
Opis	9	3	17	15	1	19	23	22	2	11	18	12	8	20	5	13	16	7	14	4	6	10	21
Omrežje podaj za gol																							
Relativna vhodna stopnja	16	6	13	5	2	18	18	18	9	6	18	1	6	18	11	2	13	9	16	12	2	13	18
Relativna izhodna stopnja	15	3	13	3	1	18	18	18	5	9	18	9	7	18	9	9	15	7	17	5	2	13	18
Relativna vhodna dostopnost	16	8	13	4	2	18	18	18	10	6	18	1	7	18	11	4	15	8	17	12	2	13	18
Relativna izhodna dostopnost	15	2	10	5	1	18	18	18	4	10	18	13	7	18	7	10	17	5	14	7	2	15	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,0	16	6	13	5	2	18	18	18	9	6	18	1	6	18	11	2	13	9	16	12	2	13	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,1	16	7	13	5	2	18	18	18	9	8	18	1	6	18	11	4	14	10	16	12	3	14	18

	#1	#4	#5	#7	#8	#10	#11	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#22	#23	#25	#26	#27	#29	#31	#32	#39
Utežena vhodna stopnja alfa=0,2	16	7	13	5	2	18	18	18	9	8	18	1	6	18	11	4	14	10	16	12	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,3	16	7	13	5	2	18	18	18	8	9	18	1	6	18	11	4	14	10	16	12	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,4	16	7	13	5	2	18	18	18	8	10	18	1	6	18	12	4	14	9	16	11	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,5	16	8	13	5	2	18	18	18	7	10	18	1	6	18	12	4	14	9	16	11	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,6	16	8	13	5	2	18	18	18	7	10	18	1	6	18	12	4	14	9	16	11	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,7	16	8	13	4	2	18	18	18	7	10	18	1	6	18	12	5	14	9	16	11	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,8	16	8	13	4	2	18	18	18	7	11	18	1	6	18	12	5	14	9	16	10	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=0,9	16	8	13	4	2	18	18	18	7	11	18	1	6	18	12	5	14	9	16	10	3	14	18
Utežena vhodna stopnja alfa=1,0	16	8	13	4	1	18	18	18	5	11	18	1	5	18	12	5	14	9	16	9	3	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,0	15	3	13	3	1	18	18	18	5	9	18	9	7	18	9	9	15	7	17	5	2	13	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,1	15	4	13	3	1	18	18	18	5	11	18	9	7	18	12	10	15	8	17	5	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,2	15	4	13	3	1	18	18	18	5	11	18	8	7	18	12	10	15	9	17	5	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,3	15	6	13	3	1	18	18	18	4	11	18	8	7	18	12	10	15	9	17	4	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,4	15	8	13	3	1	18	18	18	4	11	18	6	7	18	12	10	15	9	17	4	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,5	15	8	13	3	1	18	18	18	6	11	18	4	5	18	12	9	15	10	17	6	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,6	15	8	13	4	1	18	18	18	6	11	18	3	5	18	12	9	15	10	17	6	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,7	15	9	13	4	1	18	18	18	6	11	18	3	5	18	12	8	15	10	17	6	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,8	15	9	13	5	1	18	18	18	6	11	18	3	4	18	12	8	15	10	17	6	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=0,9	15	9	13	5	1	18	18	18	6	11	18	3	4	18	12	8	15	10	17	6	2	14	18
Utežena izhodna stopnja alfa=1,0	15	9	13	5	1	18	18	18	6	9	18	2	4	18	12	8	15	9	17	6	3	14	18
Relat. vm. ob upoštevanju povezav 1 in več	7	2	16	6	1	18	18	18	5	4	18	9	10	18	13	11	17	8	14	12	3	15	18
Vmesnost na podlagi toka binar. omrežja	3	1	16	9	2	18	18	18	10	6	18	5	7	18	14	8	17	11	13	12	4	15	18
Vmesnost na podlagi toka utež. omrežja	3	2	15	11	1	18	18	18	9	7	18	5	6	18	13	10	17	8	14	12	4	16	18
Kazalo	17	9	14	4	3	18	18	18	7	8	18	1	2	18	11	5	15	12	16	10	6	13	18
Opis	16	9	13	8	5	18	18	18	7	10	18	2	3	18	12	4	15	11	17	6	1	14	18