

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Mag. Kristijan Breznik

Analiza omrežij športnih iger in šaha

Doktorska disertacija

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Mag. Kristijan Breznik

Mentor: prof. dr. Vladimir Batagelj

Somentorica: prof. dr. Mojca Doupona Topič

Analiza omrežij športnih iger in šaha

Doktorska disertacija

Ljubljana, 2013

# Zahvala

Zahvaljujem se vsem, ki so mi na kakršen koli način pomagali, vendar bom tu izpostavil predvsem tiste, ki so mi pri nastajanju tega dela najbolj stali ob strani.

Najprej se tako zahvaljujem mentorju, dr. Vladimirju Batagelju, ki me je vpeljal v svet omrežij in me spretno vodil skozi vse pasti na prehojeni poti. Nato dr. Anuški Ferligoj, v času mojega študija predsednici Programskega sveta doktorskega študijskega programa statistika, ki je študentom vedno znala svetovati in me je seznanila s somentorico, dr. Mojco Doupona Topič, ki se ji zahvaljujem za nasvete s športnega področja.

Iskreno zahvalo izrekam svoji življenjski sopotnici Maji in ostalim bližjim, saj so mi v pomembnih trenutkih vedno prisluhnili in me podpirali. Hvala tudi Simoni za nesebično pomoč pri jezikovnem urejanju besedila.

Hvala še vsem, ki bodo to delo vzeli v roke in ga, upam, z veseljem in zanimanjem preb(i)rali.

Kristijan Breznik



## IZJAVA O AVTORSTVU doktorske disertacije

Podpisani/-a Kristijan Breznik, z vpisno številko 74070002, sem avtor/-ica doktorske disertacije z naslovom:  
Analiza omrežij športnih iger in šaha.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena doktorska disertacija izključno rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- sem poskrbel/-a, da so dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu s fakultetnimi navodili;
- sem poskrbel/-a, da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu s fakultetnimi navodili;
- sem pridobil/-a vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti prenesena v predloženo delo in sem to tudi jasno zapisal/-a v predloženem delu;
- se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del, bodisi v obliki citata bodisi v obliki skoraj dobesednega parafraziranja bodisi v grafični obliki, s katerim so tuje misli oz. ideje predstavljene kot moje lastne – kaznivo po zakonu (Zakon o avtorski in sorodnih pravicah (UL RS, št. 16/07-UPB3, 68/08, 85/10 Skl.US: U-I-191/09-7, Up-916/09-16), prekršek pa podleže tudi ukrepom Fakultete za družbene vede v skladu z njenimi pravili;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatstvo lahko predstavlja za predloženo delo in za moj status na Fakulteti za družbene vede;
- je elektronska oblika identična s tiskano obliko doktorske disertacije ter soglašam z objavo doktorske disertacije v zbirki »Dela FDV«.

V Ljubljani, dne 2. julija 2013

Podpis avtorja/-ice: \_\_\_\_\_

# Povzetek

## Analiza omrežij športnih iger in šaha

V današnjem času šport zavzema pomembno mesto v družbi. Z njim se srečujemo vsakodnevno, čeprav se tega pogosto ne zavedamo. Šport ima velik vpliv na ekonomijo. Uspešni in prepoznavni športniki sodijo med najboljše plačane subjekte na svetu, tudi prodorne športne blagovne znamke so izredno donosne. Najboljši športniki so prav tako ambasadorji svojih držav, s čimer šport vsaj malo posega tudi na politično področje. Kljub veliki družbeni vlogi in obilici za raziskovanje zanimivih podatkov je bil šport v preteklosti zelo redko predmet analize omrežij. Z disertacijo želimo pokazati, da lahko analiza omrežij v povezavi z ostalimi statističnimi metodami služi kot uporabno orodje za analizo ogromnih količin športnih podatkov.

V prvem delu najprej podamo kratek pregled nastanka športov, ki so analizirani v disertaciji, in šaha. Sledi analiza osnovnih karakteristik enot (posameznikov ali ekip) v posameznih športih in priprava omrežij. Nadaljevanje predstavlja analizo odigranih iger med športniki oziroma reprezentancami. Pri tem nas zanima, ali jakost enot v omrežju vpliva na število odigranih iger med nasprotniki in ali je število odigranih iger med posamezniki oziroma ekipami tudi geografsko pogojeno. Pri osnovni analizi posameznih športov in šaha smo pomembno vlogo namenili vizualizaciji omrežij. Povezovali smo tradicionalne metode z naprednejšimi pristopi s tega področja.

V osrednjem delu disertacije proučujemo odigrane igre med posamezniki v tenisu, namiznem tenisu in šahu ter odigrane igre med ekipami v nogometu, košarki in rokometu. Ekipni športi so analizirani izključno na nivoju moških reprezentanc. Časovna obdobja primerjanih omrežij odigranih iger se med športi posameznikov in ekipnimi športi zaradi narave zbranih podatkov razlikujejo. Z namenom primerjave med omrežji odigranih iger različnih športov in šaha smo se pri športih posameznikov omejili na štiri leta, to je od vključno leta 2008 do vključno leta 2011. Pri ekipnih športih je analizirano obdobje daljše, in sicer obsega čas med letoma 1946 in 2011.

V omrežjih iger so športniki oziroma reprezentance predstavljeni s točkami, vsaka odigrana igra med dvema enotama oziroma točkama v omrežju predstavlja vez med njima, ki je predstavljena s povezavo. Med dvema točkama v omrežju športnih iger lahko imamo tudi več povezav hkrati, saj posamezniki med sabo odigrajo tudi več

dvobojev. S pomočjo dodatnih informacij o točkah in povezavah med njimi smo skonstruirali socialna omrežja. V omrežjih iger so povezave neusmerjene, lahko pa so bodisi neutežene bodisi utežene. Morebitne uteži predstavljajo število odigranih iger med povezanima enotama (oziroma število neusmerjenih povezav med točkama v neuteženem omrežju) v analiziranem obdobju.

V nadaljevanju disertacije se osredotočamo na metode merjenja jakosti športnikov in reprezentanc v analiziranih športih in šahu. Pravilno izmerjena jakost akterjev v športu je pomembna z več vidikov in je v interesu tako samih športnikov in ekip kot organizatorjev in ne nazadnje gledalcev. Sedanji načini merjenja jakosti še zdaleč niso popolni, v disertaciji podamo svoje videnje nekaterih problemov in predlagamo možne izboljšave. Pri tem uporabljamo tudi nekatere mere veljave iz teorije omrežij.

Bogate zbirke športnih podatkov nam omogočajo, da poleg opisanih omrežij iger raziskujemo še druga športna omrežja. Z njimi se ukvarjamo v zadnjem delu disertacije, kjer relacije med enotami definiramo na različne načine. Glede na našo bazo podatkov sta najprimernejša športa za tovrstno analizo tenis in nogomet, ki tudi sicer sodita med najpopularnejše športe na svetu. Tako v tem delu raziskujemo aktualno športno tematiko: predane dvoboje med profesionalnimi teniški igralci/igralkami, prednost levičarjev pred desničarji pri profesionalnem tenisu, prednost domačega igrišča med reprezentancami v nogometu, uspešnost najboljših teniških igralcev v odvisnosti od teniške podlage, mobilnost nogometnih reprezentantov, ki so bili udeleženci svetovnih prvenstev ipd. Namen tega dela disertacije je demonstrirati uporabnost metod analize in prikaza omrežij v konkretnih primerih s področja športa in šaha. Prikazane metode so lahko uporabne neposredno (npr. iskanje skupin teniških igralcev, ki najpogosteje predajajo dvoboje med sabo) ali pa služijo kot model za raziskave na podobnih področjih (npr. definicija omrežij najboljših levičarjev in desničarjev proti levičarjem oziroma desničarjem pri tenisu).

Rezultati analize omrežij športnih iger in šaha potrjujejo, da kakovost posameznika oziroma ekipe vpliva na število odigranih dvobojev. Po jakosti primerljivi igralci oziroma ekipe odigrajo med sabo več dvobojev kot z ostalimi nasprotniki. Geografska povezanost v smislu števila odigranih dvobojev je močnejše prisotna pri manj kakovostnih nasprotnikih. Pri boljših igralcih oziroma ekipah medsebojna oddaljenost ni tako velika ovira kot pri slabših akterjih v omrežjih športa in šaha. Dobljeni rezultati potrjujejo uporabnost metod analize omrežij pri raziskovanju in odkrivanju zakonitosti v omrežjih športa in šaha ter odpirajo nove priložnosti za nadaljnje raziskave na tem področju.

Disertacija je zanimiva tudi z metodološkega vidika. Že v uvodnih fazah dela, pri samem zbiranju podatkov in njihovem preurejanju v obliko, primerno za analizo z omrežji, smo naleteli na kar nekaj težav. Podatki, zbrani na spletnih straneh uradnih športnih organizacij, niso pripravljeni za tovrstno analizo: med tako veliko množico podatkov je vedno precejšnje število tipkarskih napak, igre so bile pri našem zbiranju

podatkov vnesene dvakrat, med akterji so se pojavljale tudi osebe z istim imenom in priimkom in podobno. Naše rešitve se v veliki meri naslanjajo na uporabo računalnika, nekatere uporabljene algoritme pa smo podali v prilogah.

**Ključne besede:** analiza omrežij, šport, šah, vizualizacija omrežij, merjenje jakosti

# Abstract

## Network Analysis of Sports games and Chess

Sport plays an important role in society. We are faced with sport on an almost daily basis, although we are not aware of that. It has a major impact on the economy. Successful and prominent sportsmen are among the best paid people in the world and pervasive sport brands are extremely profitable. As the best sportsmen are ambassadors of their countries, sport also interferes in the domain of politics. Despite the fact that sport is important in social life and offers plenty of data for exploration it has rarely been analyzed with methods of network analysis. In this dissertation we would like to demonstrate the applicability of network analytic techniques. These can be combined with other statistical methods and serve as a powerful tool for the analysis of abundant sport datasets.

In the first part we give a short overview on the emergence of those sports which are analyzed in the dissertation. Analysis of the basic characteristics of units (individuals or teams) in individual sports and the preparation of networks is provided. It is followed by analysis of games played between players or teams. In this part of the study we are particularly interested in whether the strength of units in the network has an impact on the number of games played between opponents and whether the number of games played between individuals or between teams is geographically dependent. In the basic analysis of individual sports and chess an important role was given to the visualization of networks. We associated traditional methods with advanced approaches in this field.

In the central part of the thesis we studied games between individuals in tennis, table tennis and chess and games played between teams in football, basketball and handball. Team sports are analyzed at the level of men's teams exclusively. Time periods of compared basic networks of games played between individuals and sports teams vary because of the nature of the data collected. In order to compare the networks of different sports and chess we confine the analysis of individual sports to four years, from 2008 to 2011 inclusive. The interval of analysis is longer in team sports – it includes games played between 1946 and 2011.



In networks of games, individual players or teams are represented by nodes. Each game played between two units (nodes) in the network represents a tie between them, which is represented by a link. There can be several links between the two units in the network of games as they can play many matches. The networks were defined with additional information on the nodes and/or links. Links are undirected and (un)weighted. Potential weights on links represent the number of games played between linked units (or the number of undirected links in an unweighted network).

In the following chapter, we focus on the methods of measuring the strength of players and teams in analyzed sports and chess. Proper measurement of the strengths of actors in sport is important from various aspects and is in the interests of the players and teams, the organizers and ultimately the spectators. The current methods of measuring strength are far from complete. In the dissertation we give our view of some of the problems and suggest possible improvements. We use centrality measures and measures of importance from network analytic theory.

In addition to networks of games, an enormous collection of sports information allows us to explore other sport networks, in which the relationships between the units are defined in different ways. We analyze these kind of networks in the last part of the dissertation. According to our database the most suitable sports for such analysis are tennis and football, both of which are among the most popular sports in the world. Thus, in this part we investigate current sports topics: retired matches between professional tennis players, the advantage that left-handed players possess over their right-handed counterparts in professional tennis (both topics are analyzed in male and female competition), the home advantage of national teams in soccer, the performance of the best tennis players based on court surface, the mobility of World Cup national team players in soccer etc. The purpose of this part of the dissertation is to demonstrate the usability of network analysis and network visualization in specific cases in the field of sports and chess. Presented methods can be applied directly (e.g. finding the groups of tennis players who often retire from matches) or they can serve as a model for research in similar areas (e.g. the definition of networks of the best left-handed and right-handed tennis players against left/right-handed opponents).

The results of the analysis of underlying networks of sports games and chess confirm that the quality of an individual player or team has an impact on the number of matches. Individual players and teams, who are comparable by strength, play more matches among each other than against other opponents. Geographic dependence in terms of the number of matches played is strongly present among players or teams of lower quality. For the best players or teams the distance is not as big an impediment as for the weaker ones. The results confirm the applicability of network analytic methods in researching and discovering regularities in sport and chess and create new opportunities for further research in this field.

The dissertation is also interesting from a methodological point of view. Already in the introductory phases of our work we were faced with several methodological problems.

The data collected on the websites of the official sports organizations are not prepared for this type of analysis: some sportsmen may have the same first and second name, when data is entered some typographical errors may have occurred, in our case games were listed twice, to name some major issues. Our solutions rely largely on the use of computers. Some algorithms are provided in the Appendix.

**Key words:** network analysis, sport, chess, network visualization, ranking

# Kazalo

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>17</b>
1.1	Pregled po poglavjih . . . . .	17
1.2	Pomen športa v sodobni družbi . . . . .	18
1.3	Zgodovina obravnavanih športnih panog in šaha . . . . .	21
<b>2</b>	<b>Pregled stanja in hipotezi ter raziskovalno vprašanje</b>	<b>31</b>
2.1	Dosedanje stanje . . . . .	31
2.2	Hipotezi in raziskovalno vprašanje . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Osnove analize omrežij</b>	<b>39</b>
3.1	Definicija omrežja . . . . .	39
3.2	Lastnosti omrežij . . . . .	41
3.3	Prikazi omrežij . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Zbiranje in pregled podatkov</b>	<b>49</b>
4.1	Osnovne lastnosti podatkov . . . . .	50
4.1.1	Tenis . . . . .	51
4.1.2	Namizni tenis . . . . .	58
4.1.3	Šah . . . . .	61
4.1.4	Nogomet . . . . .	63
4.1.5	Košarka . . . . .	67
4.1.6	Rokomet . . . . .	68
4.2	Priprava omrežij . . . . .	69
<b>5</b>	<b>Analiza omrežij iger</b>	<b>73</b>
5.1	Analiza omrežij iger posameznikov . . . . .	73
5.2	Analiza omrežij iger v ekipnih športnih panogah . . . . .	89
5.3	Primerjava omrežij iger . . . . .	104
<b>6</b>	<b>Ocenjevanje jakosti akterjev v omrežjih</b>	<b>109</b>
6.1	Predstavitvev jakostnih lestvic pri posameznih športnih panogah . . . . .	111
6.1.1	Tenis . . . . .	111
6.1.2	Namizni tenis . . . . .	115
6.1.3	Šah in Elov način ocenjevanja jakosti . . . . .	117
6.1.4	Nogomet . . . . .	123

6.1.5	Košarka in rokomet . . . . .	126
6.2	Predstavitev načinov ocenjevanja jakosti akterjev v omrežjih . . . . .	127
6.2.1	Algoritem PageRank . . . . .	127
6.2.2	Kazala in viri . . . . .	134
<b>7</b>	<b>Analiza drugih športnih omrežij</b>	<b>137</b>
7.1	Enovrstna omrežja . . . . .	137
7.1.1	Omrežje predanih dvobojev v profesionalnem tenisu . . . . .	137
7.1.2	Razlike med levičarji in desničarji pri tenisu . . . . .	147
7.1.3	Dinamična predstavitev omrežja najboljših teniških igralcev moderne dobe . . . . .	155
7.1.4	Prednost domačega igrišča pri nogometu . . . . .	158
7.1.5	Nogometaši in trenerji na svetovnih prvenstvih . . . . .	164
7.1.6	Omrežje supervelomojstrov . . . . .	176
7.2	Dvovrstna omrežja . . . . .	181
7.2.1	Omrežji najboljših teniških igralcev po Grand Slamih in podlagah .	181
7.2.2	Omrežje držav in klubov na svetovnih nogometnih prvenstvih . .	186
<b>8</b>	<b>Zaključek</b>	<b>191</b>
	<b>Literatura</b>	<b>197</b>
	<b>Imensko kazalo</b>	<b>213</b>
	<b>Stvarno kazalo</b>	<b>219</b>
	<b>Priloge</b>	<b>223</b>
A	Kodna tabela držav	224
B	Kazala in viri v nogometu po državah in vrstah igralcev	233
C	Koda odjema šahovskih iger s spleta	237
D	Koda za izdelavo omrežja šahovskih iger	242
E	Koda za izdelavo razbitij in vektorjev v omrežju šahovskih iger	244

# Kazalo slik

Slika 4.1: Teniški igralci po državah . . . . .	53
Slika 4.2: Teniški igralci po svetovnih regijah . . . . .	54
Slika 4.3: Odigrani teniški dvoboji po letih in podlagah . . . . .	55
Slika 4.4: Namiznoteniški igralci po državah . . . . .	59
Slika 4.5: Namiznoteniški igralci po kontinentih in spolu . . . . .	60
Slika 4.6: Šahisti po državah in spolu . . . . .	62
Slika 4.7: Število registriranih nogometašev po državah . . . . .	66
Slika 4.8: Število odigranih dvobojev med reprezentancami po letih . . . . .	67
Slika 5.1: Prikaz stopenj točk v omrežjih iger posameznikov z dvojno logaritemskimi lestvicami . . . . .	76
Slika 5.2: Porazdelitev <i>SOI</i> po kakovosti in posameznih panogah . . . . .	79
Slika 5.3: Gostota porazdelitve razdalj med glavnima mestoma držav, iz katerih prihajata nasprotnika, po športnih panogah posameznikov .	81
Slika 5.4: Gostota porazdelitve razdalj med glavnima mestoma držav, iz katerih prihajata nasprotnika, glede na vrsto turnirja . . . . .	82
Slika 5.5: Otoki na <i>S</i> -sredicah teniških omrežij iger . . . . .	83
Slika 5.6: Otoki na <i>S</i> -sredicah namiznoteniških omrežij iger . . . . .	86
Slika 5.7: Povezavni otoki šahovskega omrežja iger na <i>S</i> -sredicah stopenj višjih ali enakih 80 . . . . .	88
Slika 5.8: Porazdelitev indeksa istih nasprotnikov po kakovosti in posameznih panogah . . . . .	92
Slika 5.9: Prikaz omrežja odigranih nogometnih iger od leta 1946 do konca leta 2011 (a) Dendrogram Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine z normalizirano popravljeno evklidsko razdaljo (b) Matrični prikaz . . . . .	94
Slika 5.10: Prikaz omrežja odigranih košarkarskih iger od leta 1946 do konca leta 2011 (a) Dendrogram Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine z normalizirano popravljeno evklidsko razdaljo (b) Matrični prikaz . . . . .	97
Slika 5.11: Prikaz omrežja odigranih roketnih iger od leta 1946 do konca leta 2011 (a) Dendrogram Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine z normalizirano popravljeno evklidsko razdaljo (b) Matrični prikaz . . . . .	98

Slika 5.12: Nogometno omrežje iger med letoma 1946 in 2011 po uporabi algoritma PathFinder . . . . .	101
Slika 5.13: Omrežji iger med letoma 1946 in 2011 po uporabi algoritma PathFinder . . . . .	103
Slika 5.14: Porazdelitev 95. centila prepotovanih razdalj posameznih reprezentanc na nogometne tekme glede na mediano uvrstitev na jakostnih lestvicah . . . . .	105
Slika 6.1: Dosežen rezultat igralcev z belimi figurami v odvisnosti od razlike v jakosti obeh igralcev, ki mu je dodana logistična krivulja, ki se podatkom prilega . . . . .	121
Slika 6.2: Primerjava dosedanjih izboljšav Elovega načina računanja jakosti šahovskih igralcev . . . . .	122
Slika 7.1: Deleži in standardizirani residuji predanih teniški dvobojev po letih . . . . .	140
Slika 7.2: Otoki velikosti od 3 do 100 igralcev posplošene sredice stopnje 4 v omrežju predanih dvobojev . . . . .	146
Slika 7.3: Razlike v uvrstitvah na teniških jakostnih lestvicah (levičar – desničar) za oba spola po letih (s 95-odstotnim intervalom zaupanja)	148
Slika 7.4: Razsevna diagrama uvrstitev igralcev proti desničarjem in proti levičarjem . . . . .	153
Slika 7.5: Razsevna diagrama uvrstitev igralk proti desničarkam in proti levičarkam . . . . .	155
Slika 7.6: Nekaj insertov dinamične predstavitve odigranih dvobojev med najboljšimi teniški igralci moderne dobe . . . . .	157
Slika 7.7: Matrika sosednosti omrežja nogometnih gostovanj . . . . .	161
Slika 7.8: Šesta skupina v matriki sosednosti omrežja nogometnih gostovanj	163
Slika 7.9: Prikaz števila sodelujočih reprezentanc, količnika med številom tujih igralcev in vsote domačih ter tujih igralcev in količnika med številom tujih trenerjev in vsote domačih ter tujih trenerjev po svetovnih nogometnih prvenstvih od leta 1982 do leta 2010 . . . . .	166
Slika 7.10: Omrežje držav, ki predstavlja odhode trenerjev iz lastne države na delo v tujino . . . . .	168
Slika 7.11: Razsevni diagram povprečnih uvozov in izvozov reprezentantov po državah udeleženkah svetovnih nogometnih prvenstev . . . . .	170
Slika 7.12: Omrežje prehodov nogometnih vratarjev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010 . . . . .	172
Slika 7.13: Matrika prehodov obrambnih nogometnih igralcev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010	173
Slika 7.14: Matrika prehodov veznih nogometnih igralcev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010 . . . . .	175

Slika 7.15: Matrika prehodov nogometnih napadalcev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010 . . . . .	177
Slika 7.16: Prikaz odigranih partij skupine supervelemojstrov proti ostalim šahistom . . . . .	179
Slika 7.17: Matrični prikaz odigranih partij med supervelemojstri . . . . .	180
Slika 7.18: Enostavni dvodelni graf najboljših teniških igralcev moderne dobe tenisa in turnirjev Grand Slam . . . . .	182
Slika 7.19: Matrični prikaz najboljših teniških igralcev moderne dobe tenisa in turnirjev Grand Slam . . . . .	183
Slika 7.20: Prikaz dvovrstnega omrežja najboljših igralcev moderne dobe tenisa po odstotkih zmag na različnih vrstah teniške podlage . . . . .	185
Slika 7.21: Prikaz (20,10)-sredice dvovrstnega omrežja držav in klubov . . . . .	189

# Kazalo tabel

Tabela 1.1: Vseh osem različic iger z nogo, ki jih poznamo danes . . . . .	27
Tabela 2.1: Pregled objavljenih člankov s športno tematiko v teoriji omrežij glede na vrsto omrežja in področje analize . . . . .	32
Tabela 2.2: Število objavljenih člankov s športno tematiko v teoriji omrežij po področjih analize glede na vrsto zbiranja podatkov in definicijo točk ter povezav v omrežju . . . . .	33
Tabela 4.1: Najboljši teniški igralci in igralke v moderni dobi tenisa po številu osvojenih turnirjev Grand Slam (Aktivni igralci in igralke ob koncu leta 2011 so zapisani(e) s poševno pisavo.) . . . . .	57
Tabela 4.2: Frekvenčna porazdelitev in strukturni odstotki namiznoteniških iger po letih in spolu . . . . .	61
Tabela 4.3: Frekvenčna porazdelitev in strukturni odstotki šahovskih iger po letih . . . . .	63
Tabela 4.4: Število držav po nogometnih konfederacijah . . . . .	65
Tabela 5.1: Največje število odigranih dvobojev in največje število nasprotnikov med letoma 2008 in 2011 po športih in spolu . . . . .	77
Tabela 5.2: <i>SOI</i> najboljših igralcev/igralk na svetu na koncu leta 2011 in povprečni <i>SOI</i> po panogah . . . . .	78
Tabela 5.3: Največje število nogometnih dvobojev med dvema reprezentancama . . . . .	90
Tabela 5.4: Največje število odigranih dvobojev in največje število različnih nasprotnikov med letoma 1946 in 2011 v ekipnih športih . . . . .	91
Tabela 6.1: Pregled točk za moško teniško jakostno lestvico . . . . .	114
Tabela 6.2: Pregled točk za žensko teniško jakostno lestvico . . . . .	115
Tabela 6.3: Pregled točk za namiznoteniško jakostno lestvico . . . . .	116
Tabela 6.4: Porazdelitev šahovskih partij glede na rezultat po letih . . . . .	120
Tabela 6.5: Šahisti, ki so se nahajali na vrhu jakostne lestvice ELO . . . . .	123
Tabela 6.6: Pregled vseh treh načinov ocenjevanja jakosti (FIFA) . . . . .	124
Tabela 6.7: Jakostne lestvice najboljših teniških igralcev leta 2011 . . . . .	130
Tabela 6.8: Spearmanov koeficient korelacije med jakostnimi lestvicami pri moških leta 2011 . . . . .	131
Tabela 6.9: Jakostne lestvice najboljših teniških igralk leta 2011 . . . . .	131



Tabela 6.10: Spearmanov koeficient korelacije med jakostnimi lestvicami pri ženskah leta 2011 . . . . .	132
Tabela 6.11: Najboljši teniški igralci na jakostnih lestvicah v zadnjem desetletju po letih in podlagah . . . . .	133
Tabela 6.12: Najboljše teniške igralke na jakostnih lestvicah v zadnjem desetletju po letih in podlagah . . . . .	134
Tabela 7.1: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev po podlagi in spolu . . . . .	141
Tabela 7.2: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev po vrsti turnirja in spolu . . . . .	142
Tabela 7.3: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev po kólih in spolu . . . . .	143
Tabela 7.4: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev glede na razliko v uvrstitvah obeh nasprotnikov na jakostni lestvici in kvocient predanih dvobojev višje uvrščenih igralcev proti nižje uvrščenim po spolu . . . . .	144
Tabela 7.5: Frekvenčna porazdelitev dvobojev in kvocienti dvobojev, v katerih so zmagali levičarji, proti dvobojem, v katerih so zmagali desničarji . . . . .	149
Tabela 7.6: Frekvence in kvocienti zmaganih dvobojev levičarjev in desničarjev po podlagah za oba spola . . . . .	150
Tabela 7.7: Dvajset najbolje uvrščenih moških teniških profesionalcev moderne dobe tenisa (Dejavni igralci na koncu leta 2011 so zapisani s poševno pisavo.) . . . . .	152
Tabela 7.8: Dvajset najbolje uvrščenih ženskih teniških profesionalok moderne dobe tenisa (Dejavne igralke na koncu leta 2011 so zapisane s poševno pisavo.) . . . . .	154
Tabela 7.9: Število aktivnih velemejstrov desetih najuspešnejših držav . . . . .	178
Tabela 7.10: Najpomembnejše države izvoznice reprezentantov v tuje klube in najpomembnejši klubi uvozniki tujih reprezentantov . . . . .	188

# 1 Uvod

Cilj disertacije je razkriti strukture in statistične značilnosti omrežij, dobljenih iz iger med posamezniki in ekipami v nekaterih športih in šahu, ter s primerjavo ugotoviti njihove podobnosti in morebitne razlike. Nadalje želimo z uporabo naprednih metod vizualizacije omrežij prikazati razkrita omrežja in s pomočjo analize omrežij kritično oceniti načine računanja jakosti akterjev v omrežjih športnih iger in šaha.

## 1.1 Pregled po poglavjih

V uvodnem delu disertacije prikažemo pomen športa v današnji družbi in nastanek športov, ki jih v nalogi analiziramo, ter šaha. V poglavjih 2 in 3 sledi pregled stanja v smislu uporabe analize omrežij na področjih športa in šaha. V podpoglavju 2.2 predstavimo svoji hipotezi in raziskovalno vprašanje. Sledi opis osnovnih definicij teorije omrežij in opis lastnosti, ki jih omrežjem lahko določimo. Načine prikazovanja omrežij predstavimo v podpoglavju 3.3.

V poglavju 4 opišemo način zbiranja podatkov ter osnovne značilnosti pridobljenih podatkov o posameznih športih in šahu. Podpoglavje 4.2 opisuje pripravo omrežij za nadaljnjo analizo.

Poglavje 5 vsebuje analizo omrežij odigranih iger med akterji v omrežju, ki je razdeljena na omrežja v športih posameznikov (podpoglavje 5.1) in omrežja v ekipnih športih (podpoglavje 5.2), ter primerjavo med vsemi omrežji (podpoglavje 5.3).

Z ocenjevanjem jakosti akterjev v omrežjih se ukvarjamo v poglavju 6. Najprej opišemo, kako v posameznih športih trenutno izračunavajo jakosti nastopajočih igralcev oziroma ekip in na ta način določajo jakostne lestvice. V podpoglavju 6.2 opišemo dve

meri pomembnosti, ki se uporabljata za izračun jakosti akterjev v omrežjih.

Poglavje 7 je namenjeno analizi drugih športnih enovrstnih (podpoglavje 7.1) in dvovrstnih (podpoglavje 7.2) omrežij.

V zadnjem delu, v poglavju 8, dobljene rezultate še kritično ocenimo.

## **1.2 Pomen športa v sodobni družbi**

Šport v svojem najširšem pomenu besede je biotična in socialna človeška potreba, ki jo vsaka zgodovinska doba po svoje zaznamuje. Ljudje so že v davni preteklosti ne glede na kulturo, iz katere so izhajali, uporabljali človeško gibanje v obredne namene. Nekateri kulture so poznale fizične igre, ki so spominjale na visoko organizirane in z natančnimi pravili podprte športne igre, ki jih poznamo danes. Igre so se mnogokrat izvajale v religiozne namene, njihov potek pa je bil večinoma odvisen od verskih potreb in fizičnih zmožnosti vpletenih oseb (Coakley in Pike, 2008). Razčlenitev 3000 znanih kultur je pokazala, da šport spada med 80 skupnih značilnosti teh kultur. Njegove korenine so prav take vrste kot korenine človekove proizvodne, literarne, slikarske, glasbene itn. ustvarjalnosti. Vsi vrhunski dosežki posameznikov na katerem koli področju človekove ustvarjalnosti so hkrati korak naprej za vse človeštvo (Doupona Topič in Petrović, 2007).

Šport je tesno povezan z vojsko, kjer telesni vzgoji posvečajo veliko pozornosti. Že v antični Grčiji in Rimu je telesna vzgoja imela v družbi močan vpliv, Špartanci so jo zelo uspešno izkoriščali za urjenje svoje vojske (Jovanović, 1957). Lončar (2010) je raziskovala stile vodenja pri športnih trenerjih in vojaških poveljnikih v Slovenski vojski in ugotovila mnoge podobnosti. Trenerji naj bi bili manj nagnjeni k demokratičnemu vodenju, a hkrati emocionalno senzibilnejši od poveljnikov.

V današnjem času se s športom srečujemo vsakodnevno, česar se včasih se niti ne zavedamo. Lahko smo aktivni tekmovalci, obiskovalci športnih prireditev, gledalci pred televizijskimi zasloni ali samo potrošniki. Tehnološki napredek in s tem več prostega časa, gospodarska rast in rast osebnih dohodkov ter globalizacija so omogočili,

da šport zaseda takšen položaj v družbi, kot ga sedaj (Cooke, 1994). Vsakdanje delo je pogosto vse manj fizične narave, kar ljudje nadomestimo z ukvarjanjem s športom.

Na ekonomijo mnogih držav, posebej v bogatejšem zahodnem delu sveta, močno vplivajo veliki zneski, ki jih navdušenci nad športom zapravljajo za vstopnice na stadione, športno opremo, klubske članarine, kotizacije in v zadnjem času izredno priljubljene športne stave. Športni objekti so poimenovani po velikih podjetjih in korporacijah, nekaj primerov najdemo tudi v Sloveniji: največji slovenski stadion je poimenovan po Zavarovalnici Triglav, v Celju najdemo Arenu Petrol in dvorano Zlatorog ter podobno. Mnenja o gospodarnosti takega sponzorstva so deljena, Marikova Leeds in drugi (2007) so na primer pokazali, da poimenovanje športnih objektov nima trajnega vpliva na dobičkonosnost podjetij, ki te pravice kupujejo. Posebno veliki zneski se v športu namenjujejo za odkupe televizijskih pravic. Ameriška televizijska družba NBC je ameriškemu olimpijskemu komiteju za prenos olimpijskih iger v Londonu leta 2012 plačala več kot milijardo ameriških dolarjev. Tudi prestopi najboljših igralcev v najpopularnejših športih, kot sta recimo nogomet in košarka, so vredni veliko denarja. Jasno je torej, da ima šport veliko vpliva na ekonomijo in posredno celo na politiko v posameznih državah ter tako ne zaseda več le obrobne vloge, kot jo je v preteklosti. V mnogih družbenih okoljih šport povezujejo z občutkom nacionalne pripadnosti in nacionalne identitete. Športniki so med najpomembnejšimi in najbolj izpostavljenimi predstavniki svoje domovine, ob zmagovalcih vedno vidimo plapolati njihove zastave in slišimo igranje njihove državne himne. S tem se države promovirajo in povečujejo svoj ugled na globalnem zemljevidu.

Športne igre imajo pomembno skupno lastnost, in sicer tekmovanje. Vse igre v širšem smislu, ki imajo to značilnost, je Caillois poimenoval z izrazom *agon*. Težnja, da se na začetku igre vsem igralcem omogoči enak začetni položaj, je najizrazitejši primer rivalstva, ki se odraža v hitrosti, vzdržljivosti, spretnosti, moči itd. Agon zahteva pozornost, posebej prilagojen trening, nenehne napore in željo po zmagi (Caillois, 1965). Razlikujemo športne igre, pri katerih med seboj tekmujeta dva posameznika oziroma dve ekipi, to so tenis, namizni tenis, badminton, boks in ostale borilne športne panoge, nogomet, košarka, rokomet, odbojka, vaterpolo, hokej ..., in športne igre, pri katerih tekmuje neomejeno število tekmovalcev, npr. atletika, plavanje, gimnastika,

kolesarstvo, formula ena, motociklizem, golf, alpsko smučanje ...

Razvoj športa in njegov vse večji ekonomski pomen sta vzpodbudila številne vede, da so obrnile svojo pozornost k omenjenemu področju. Seznam pomembnejših tem, proučevanih s pomočjo analize omrežij, je podan v knjigi Wasserman in Faust (1994), ki jo uvrščamo med temeljna dela na področju analize socialnih omrežij. V omenjeni knjigi med naštetimi področji športa ne najdemo. V disertaciji bomo analizirali omrežja, ki nastanejo z igrami oziroma dvoboji med posamezniki ali med ekipami pri nekaterih športnih igrah in doslej še niso bila podrobneje preučena. Omejili se bomo na športne panoge, katerih podatki so dostopni in za katere menimo, da so v našem geografskem prostoru zanimivi. Analizirali bomo ekipne športne panoge, in sicer nogomet, košarko in rokomet. Med individualnimi športnimi panogami se bomo osredotočili na tenis in namizni tenis. Dobljena omrežja ekipnih športnih panog bomo primerjali med sabo, omrežja individualnih športnih panog pa bomo primerjali tudi z omrežjem šahovskih partij. Šaha ne prištevamo k športnim igram, saj je za šport značilna fizična aktivnost. Natančneje, po eni izmed mnogih definicij je šport institucionalizirana tekmovalna aktivnost, ki zahteva fizični napor in relativno kompleksne fizične spretnosti, kjer so udeleženci motivirani z notranjimi in zunanji nagradami (Coakley in Pike, 2008). Igranje šaha je bolj kognitivne kot pa fizične narave in po opisani definiciji ne spada med športne panoge. Ima pa vse ostale omenjene lastnosti, je tekmovalen, rezultati pa pogojujejo v sami definiciji športa omenjene nagrade. Nagrade pri šahu so lahko notranje zadovoljstvo ob zmagi in pogojno tudi neodločenem rezultatu ter materialne nagrade (v današnjem času predvsem denarne), ki jih poznamo v svetu športa. Zato pričakujemo, da bo nastalo šahovsko omrežje imelo podobne lastnosti kot analizirana športna omrežja.

Geografija je že od nekdaj povezana s športom tudi na znanstveni ravni. Prvi zapis o športu v geografski publikaciji lahko najdemo že proti koncu devetnajstega stoletja (Reclus, 1879). Ameriški raziskovalci so hitro spoznali, da lahko statistično obdelavo športnih podatkov naslonijo tudi na geografijo. V šestdesetih letih prejšnjega stoletja je ameriški geograf John Rooney raziskoval vpliv geografskih dejavnikov na pojavljanje najboljših igralcev ameriškega nogometa in tudi na njihove migracijske vzorce (Rooney, 1969). Temelje v Evropi je postavljala John Bale desetletje kasneje (Bale in

Gowing, 1976; Bale, 1978, 1981). Njegova knjiga *Sports Geography* (Bale, 2003) pomeni prelom v tej športni sferi. Športna geografija se ukvarja (Bale, 2003):

- z aktivnostjo športov na zemeljski površini in s prostorsko razporeditvijo športov skozi čas,
- s spreminjanjem športne krajine in simbiozo med športnim okoljem in tistimi, ki v njem sodelujejo,
- z oblikovanjem predpisov za prostorske in okoljske spremembe v športnem okolju.

Nas bo s tega področja v disertaciji predvsem zanimalo, ali geografske razdalje med enotami v omrežju vplivajo na število odigranih iger med njimi.

### 1.3 Zgodovina obravnavanih športnih panog in šaha

V tem podpoglavju bomo predstavili izvor in nastanek športnih panog, ki jih analiziramo v disertaciji, in šaha.

#### Tenis

Zametki teniške igre segajo v dvanajsto stoletje v Francijo. Igrali so tenisu podobno igro z imenom *jeu de paume*, vendar so žogico udarjali kar z dlanjo. Zaradi svoje skrivnostne smrti, ki je povezana s to igro, je francoski kralj Louis X prvi z imenom omenjeni teniški igralec v zgodovini (Gillmeister, 1997). Znan je bil po tem, da je rad igral tenis v zaprtih prostorih. Ta navada se je ohranila tudi kasneje, še v šestnajstem stoletju, ko so pričeli v Franciji in Angliji množično uporabljati loparje. Nenavadno štetje točk pri tenisu ima svoj izvor prav tako v srednjeveški Franciji. Po eni izmed mnogih teorij (Whitman, 2004) samo ime igre *tenis* izvira iz francoske besede *tenez*, ki v prevodu pomeni *sprejmite*. Tako naj bi v preteklosti zaklical server, preden je udaril žogico.

Igra s skoraj identičnimi pravili, kot jih poznamo danes, se je razvila v drugi polovici devetnajstega stoletja v Angliji. Igrali so na pokošeni travi, kar je posledično pripeljalo do najstarejšega teniškega turnirja na svetu, Wimbledona, ki se še danes igra na travnati podlagi. Prvi turnir so v Wimbledonu odigrali že leta 1877 (Noel in Clark, 1991). Iz

Anglije se je tenis hitro širil tudi drugod po svetu. Leta 1881 so v Newportu na Rhode Islandu, kjer se danes nahaja teniška dvorana slavnih (ang. Tennis Hall of Fame), odigrali prvo prvenstvo Združenih držav Amerike v tenisu. Danes je znano pod imenom Odprto prvenstvo Združenih držav Amerike (ali US Open) in se igra v New Yorku. Sledili sta Francija s svojim prvenstvom leta 1891 v Parizu (danes se imenuje French Open ali tudi Roland Garros) in Avstralija leta 1905 (danes Australian Open v Melbourne). Omenjeni turnirji so še danes najbolj cenjeni v svetu tenisa in skupaj tvorijo turnirje za *Grand Slam* oziroma tudi Veliki Slam.

Pravila teniške igre so ostala v veliki meri enaka, kot so bila v uporabi že konec devetnajstega stoletja, objavila pa jih je mednarodna teniška organizacija *ITF* (International Tennis Federation) leta 1924. Omembe vredne so naslednje spremembe. Do leta 1961 je moral imeti igralec, ki servira, vsaj eno nogo na tleh. To pravilo bi v današnjem času marsikateremu igralcu povzročalo nemalo preglavic. Še revolucionarnejša je bila uvedba *podaljšane igre* (*tie-break*) ob koncu neodločenega seta. Pri izidu 6 proti 6 igralca odigrata podaljšano igro, ki odloči, kdo bo zmagal v setu. Pred tem se je igralo na dve igri razlike in dvoboj je lahko trajal zelo dolgo. V določenih primerih, kot recimo pri moških v petem (pri ženskah pa v tretjem) setu na turnirjih Grand Slam (razen na US Open), se podaljšana igra ne igra in set se odloči na dve igri razlike. Najnovejše pravilo pri tenisu se nanaša na uporabo *sokoljega očesa* (ang. Hawk-eye). Z uporabo posebne tehnologije se v spornih situacijah določi najverjetnejša pot žogice. Igralci imajo na pričetku vsakega seta tri možnosti uporabe sokoljega očesa. Uporabijo ga lahko, če se ne strinjajo z odločitvijo sodnika. Če je bila njihova pritožba upravičena, jim možnosti uporabe sokoljega očesa ostanejo, v nasprotnem primeru se njihovo število zmanjša za ena. V primeru, da se na koncu seta igra podaljšana igra, igralca dobita še vsak po eno dodatno možnost uporabe sokoljega očesa. Ker je ta tehnologija zelo draga, njeno uporabo omogočajo le na najpomembnejših turnirjih.

Posebno vlogo v zgodovini tenisa ima leto 1968, ki ga štejemo za začetek *moderne dobe* tenisa (ang. Open Era of Tennis). V tem letu so prvič dovolili vsem igralcem nastop na vseh turnirjih. Pred tem so lahko profesionalni teniški igralci nastopali le na njim namenjenih turnirjih, kjer so delili denarne nagrade, niso pa smeli nastopati na primer na turnirjih za Grand Slam, kjer so nastopali le amaterji in denarnih nagrad ni bilo. To

se je po letu 1968 spremenilo.

Na olimpijskih igrah moderne dobe je bil tenis na sporedu do leta 1924, nato ga do olimpijskih iger 60 let kasneje v Los Angelesu ni bilo na seznamu olimpijskih športov. Od letnih olimpijskih iger leta 1984 naprej je tenis med bolj priljubljenimi in gledanimi olimpijskimi športnimi disciplinami.

## **Namizni tenis**

Ima s tenisom, kot že samo ime namiguje, skupnega predhodnika, tj. omenjeno igro jeu de paume. Na samostojno pot je namizni tenis zašel proti koncu devetnajstega stoletja v Angliji, ko se je v današnjo igro razvil iz igre, ki so jo igrali v aristokratskih krogih po večerji. Igrali so kar na mizi, na kateri so pred tem večerjali. Po McAfeeju (McAfee, 2009) lahko namizni tenis v takratnem času razumemo kot poskus igranja tenisa na manjšem, omejenem in zaprtem prostoru. Pri tem so na začetku uporabljali loparje, ki so bili zelo podobni loparjem za tenis. Imeli so dolg ročaj, glava loparja pa je imela napete strune. V dvajsetih letih prejšnjega stoletja se je oprema spremenila in postala podobnejša današnji. V tem času se je prvič uporabila celuloidna žogica, ki je namizni tenis dokončno ločila od tenisa (ITTF, 2012a). Vse do danes se je ohranilo tudi alternativno ime za igro namiznega tenisa: *pingpong*.

Mednarodna namiznoteniška organizacija *ITTF* (International Table Tennis Federation) je bila ustanovljena leta 1926 v Berlinu. Vanjo je trenutno vključenih kar 217 članic. Že leta 1926 so v Londonu organizirali prvo uradno svetovno namiznoteniško prvenstvo. Namizni tenis je bil na olimpijskih igrah predstavljen kot demonstracijski šport šele v Seulu leta 1988 in je nato ostal v družini olimpijskih športov.

V zadnjih letih se pri namiznem tenisu dogajajo določene spremembe. Leta 2000 so 38-milimetrsko žogico nadomestili z večjo 40-milimetrsko, kar je posledično nekoliko upočasnilo igro. Glavni razlog za to spremembo je lažje spremljanje dvobojev na televiziji, saj je večja žogica na ekranu vidnejša. Leto kasneje so spremenili še način štetja v posameznih setih. Pred spremembo je za dobljeni set igralec moral zbrati 21 točk (in pri tem vsaj dve točki več od nasprotnika) in osvojiti tri sete za zmago (ang. best of five). Sedaj zadostuje že 11 točk za set (prav tako na dve točki razlike), a mora igralec



osvojiti štiri sete za zmago (ang. best of seven). Po zadnjih pravilih serverju ni dovoljeno skrivati žogice med servisom, kar zmanjša prednost serverja in podaljša trajanje posameznih točk.

## Šah

Spada med najstarejše in najpopularnejše miselne igre. Njegov izvor je povezan z igro *chatrang*, ki so jo igrali v Indiji in Perziji v šestem stoletju (Murray, 1913). Pri tem se Murray (1913) sklicuje na perzijski ep, v katerem je bila omenjena igra na osemvrstni plošči. Arabci so igro prenesli iz Perzije v Severno Afriko in v Španijo. V zadnji se je uveljavil izraz *ajedrez*, ki ga Španci uporabljajo še danes. Beseda *šah* v perzijskem jeziku pomeni kralj, ki je v tej miselni igri osrednja figura. Okoli leta 1000 je bila šahovska igra poznana že skoraj po vsej Evropi, nekoliko so jo tudi prilagajali, posebej kasneje v petnajstem stoletju v Italiji in Španiji, ko so kmetje na šahovnici lahko prvič zapustili začetno polje za dve polji, dama pa je postala najmočnejša figura. Današnja pravila so prvič uporabili v začetku devetnajstega stoletja, ko so dodali še pravilo za *pat* položaj. Prvi moderni šahovski turnir so odigrali v Londonu leta 1851.

Konec devetnajstega stoletja so pričeli z dvoboji za naslov svetovnega šahovskega prvaka. Prvi, ki mu ga je uspelo osvojiti, je bil leta 1894 Nемеc Johannes Zukertort. Po začetni prevladi nemških igralcev se je uveljavil slavni Kubanec Jose Raul Capablanca. Kasneje se je pričela dominacija ruskih (vmes sovjetskih) šahistov. Do današnjega svetovnega prvaka Indijca Visnawathana Ananda sta le dva šahista uspela prekiniti sovjetsko-rusko prevlado. To sta bila Nizozemec Max Euwe in Američan Robert James Fischer, ki je za mnoge največji šahist vseh časov.

V zadnjih skoraj sto letih je šah tesno povezan s šahovsko federacijo *FIDE* (Fédération Internationale des Échecs), ki je bila ustanovljena leta 1924 v Parizu. Mednarodna organizacija FIDE prireja mnoga pomembna šahovska tekmovanja na najvišji ravni. Izstopata predvsem dvoboj za naslov svetovnega šahovskega prvaka in šahovska olimpijada. Šah ne sodi v družino olimpijskih športov, a kljub vsemu je Mednarodni olimpijski komite leta 1999 priznal organizacijo FIDE (Drinovec, 2002). Prva uradna šahovska olimpijada je bila organizirana leta 1927 v Londonu. Do sedaj se

jih je zvrstilo 40, med njimi zadnja leta 2012 v Istambulu v Turčiji. Na šahovskih olimpijadah se igra izključno v ekipni konkurenci, kjer ekipe zastopajo posamezne države. Ženske lahko na šahovskih olimpijadah igrajo med moškimi (torej v t. i. odprti konkurenci) ali pa od leta 1957 ločeno v konkurenci žensk. Daleč najuspešnejša država v obeh konkurencah je bivša Sovjetska zveza. V odprti konkurenci so njeni predstavniki slavili kar 18-krat, sledi njena naslednica Rusija s šestimi zmagami, Združene države Amerike s petimi in Madžarska ter Armenija s po tremi zmagami. Dvakrat je slavila Ukrajina, po enkrat so bile najboljše bivša Jugoslavija, Nemčija in Poljska. Pri ženskah so šahistke iz bivše Sovjetske zveze zmagale devetkrat, sledijo Gruzijke in Kitajke s po štirimi, Rusinje s tremi in Madžarke z dvema zmagama. Po enkrat so zmagale Izraelke, Romunke in Ukrajinke.

Naslednja pomembna naloga, ki jo ima FIDE, je skrb za izračun šahovske jakosti posameznega igralca (podpoglavje 6.2). V povezavi s tem FIDE objavlja rezultate partij ocenjenih igralcev. Od leta 2008 so vsi rezultati šahistov, ki jih upoštevajo pri izračunu jakosti, objavljeni na njihovi spletni strani.

## Nogomet

Prvi znani predhodnik iger z nogami se je imenoval *tsu chu*, igrali so ga že v tretjem stoletju pred našim štetjem na Kitajskem. Igralci so med igro brcali usnjeno žogo, napolnjeno s perjem in lasmi. Cilj igre je bil brez uporabe rok spraviti žogo v od 30 do 40 cm široko odprtino, varovano z mrežico, ki je visela na dolgih bambusnih palicah (FIFA, 2012). Naslednja starodavna različica iger z nogami prav tako prihaja z Daljnega vzhoda. Japonska igra *kemari* je pol tisočletja mlajša od *tsu chuja*. Igralci so pri tej igri stali v krogu in si podajali žogo, pri čemer uporaba rok zopet ni bila dovoljena. Igra je bila manj tekmovalne narave, saj so žogo poskušali le čim dlje zadržati v zraku, ne da bi vmes padla na tla. Različice te igre poznamo še danes. Antični Grki so poznali *episkyros*, Rimljani pa kasneje podobno igro *harpastum* (Guttman, 1994). Zadnjo sta igrali dve ekipi z malo žogo na pravokotnem igrišču, omejenem s črtami. Ekipa je morala žogo spraviti za nasprotnikovo mejno črto. Igra je bila popularna več kot 700 let, Rimljani so jo prenesli tudi v Veliko Britanijo (FIFA, 2012).

Velika Britanija je v resnici zibelka nogometa. Med osmim in devetnajstim stoletjem se je na Otoku igralo kar nekaj iger z nogo, ki so zasnovalle športe, kot so nogomet, ragbi in na Irskem galski nogomet. Igre so bile spontane, saj natančnih pravil niso poznali oziroma jih niso nikoli zapisali. Za današnji čas so bile precej neorganizirane, na trenutke celo nasilne. Število igralcev je bilo praviloma neomejeno, pogosto so to bile igre med celotnimi vasmi (Murray, 1996). Nogomet, kot ga poznamo danes (v angleško govorečih deželah se uporablja izraz *soccer*), je star skoraj 150 let. Za njegov začetek Young (1969) omenja leto 1863, ko se je v Angliji pričel razdor med ragbijem in novo nastalo nogometno zvezo (ang. Football Association). Razlog za razdor je bilo upiranje nekaterih ekip (večinoma so bile to šolske ekipe z britanskih univerz) grobosti, ki je bila prisotna na igrišču. Novonastala nogometna zveza je za razliko od ragbija sprejela še pomembno pravilo, da žoge med igro ni bilo več mogoče nositi po igrišču. Devet let kasneje so v Angliji organizirali prvo nogometno prvenstvo, imenovano *FA-pokal* (ang. FA Cup). Prva nogometna tekma na mednarodni ravni je bila prav tako odigrana leta 1872 v Glasgowu med Škotsko in Anglijo.

V tabeli 1.1 je prikazanih vseh osem trenutno uporabljenih različic iger z nogami. Pri vseh so bile uradne tekme prvič odigrane v drugi polovici devetnajstega stoletja. Zanimivo je, da pri vseh različicah razen pri nogometu igralci lahko uporabljajo za prenos žoge tudi roke. Razlike med njimi so tudi v načinu doseganja in vrednotenja zadetkov in v podrobnostih, kot je na primer prepovedan položaj (ang. *offside*). V disertaciji se bomo osredotočili na nogomet pod okriljem organizacije FIFA, ki v svetu velja za najpopularnejšega. Ekipa ima na začetku igre 11 igralcev. Enako število jih imata na začetku tudi ekipi ameriškega profesionalnega in ameriškega univerzitetnega nogometa (tabela 1.1). Največ igralcev na igrišču je pri avstralskem nogometu, kjer obe ekipi skupaj na igrišče pošljeta kar 36 igralcev.

Za nogomet je bilo pomembno leto 1904, ko so v Parizu ustanovili organizacijo *Fédération Internationale de Football Association (FIFA)*. Temeljno listino so podpisali predstavniki sedmih držav: Francije, Belgije, Danske, Nizozemske, Španije, Švedske in Švice. Število držav članic organizacije je nato vztrajno naraščalo. Leta 1912 jih je bilo 21, a ob prvem svetovnem prvenstvu v nogometu leta 1930 že 41. Svetovna nogometna organizacija FIFA ima trenutno 209 članic.

Tabela 1.1: Vseh osem različic iger z nogo, ki jih poznamo danes

Tip	Prva tekma	Organizacija			Igralcev v ekipi
		Ime	Okrajšava	Leto nastanka	
Ameriški univerzitetni nogomet	1869	National Collegiate Athletic Association	NCAA	1906	11
Ameriški profesionalni nogomet	1895	National Football League	NFL	1920	11
Kanadski nogomet	1861	Canadian Football League	CFL	1884	12
Avstralski nogomet	1858	Australian Football League	AFL	1896	18
Galski nogomet	1887	Gaelic Athletic Association	GAA	1887	15
Ragbi unija	1871	International Rugby Board	IRB	1886	15
Ragbi liga	1895	Rugby League International Federation	RLIF	1948	13
Nogomet	1863	Federation of International Football Associations	FIFA	1904	11

Vir: (Stefani in Pollard, 2007, 3)

Svetovna nogometna prvenstva veljajo za najbolj spremljane in gledane športne dogodke. Prvo je bilo odigrano leta 1930 v Urugvaju, nato so si prvenstva sledila vsaka štiri leta. Izjema sta leti 1942 in 1946, ko sta prvenstvi odpadli zaradi druge svetovne vojne. Tako je bilo svetovno nogometno prvenstvo leta 2010 v Južni Afriki devetnajsto po vrsti. Do sedaj je osmim reprezentancam uspelo, da so postale svetovni nogometni prvaki. Največ zmag so dosegli Brazilci, in sicer pet, sledijo Italijani s štirimi in Nemci s tremi zmagami, Argentina in Urugvaj sta osvojila ta naslov dvakrat, po eno zmago imajo Angleži, Francozi in Španci. Zanimivo je, da je naslov svetovnih prvakov vedno osvojila ekipa bodisi iz Evrope bodisi iz Južne Amerike.

## Košarka

Pojavila se je na severnoameriški celini ob koncu devetnajstega stoletja. Za razliko od že opisanih športov in šaha je njen nastanek zelo transparenten. James Naismith je bil

kanadsko-ameriški predavatelj telesne vzgoje na neki mednarodni šoli v Springfieldu v ameriški državi Massachusetts. Kot je zapisal v Naismith (1996), je želel iznajti igro za svoje študente, igralce ameriškega nogometa, ki bi jo lahko igrali v telovadnici na relativno majhnem prostoru in bi jih tudi v zimskem času ohranjala v dovolj dobri telesni kondiciji. Poleg tega je želel igro, ki ne bi temeljila le na telesni moči, ampak bi zahtevala tudi tehnično znanje.

Čeravno je bila prva javna košarkarska tekma odigrana leta 1891 (v Springfieldu), so se takratna pravila precej razlikovala od današnjih. Vsako ekipo je na igrišču zastopalo devet igralcev (danes si nasproti stojita peterki), igralo se je z nogometno žogo, metali pa so kar v navadne koše za obiranje sadja. Približek današnje košarkarske žoge in tudi samega koša so pričeli uporabljati po letu 1906 (Glenn, 1982).

Popularnost košarke v Združenih državah Amerike je vplivala na nastanek prve profesionalne lige leta 1898, v kateri je igralo šest ekip. A do leta 1946 se je košarka vendarle največ igrala na ameriških univerzah. Leta 1910 je bila ustanovljena *NCAA* (National Collegiate Athletic Association), pod okriljem katere od leta 1939 naprej potekajo popularna ameriška študentska prvenstva. Največja pozornost v košarki vsekakor pripada ameriški ligi profesionalcev, imenovani *NBA* (National Basketball Association), ki je nastala leta 1946 pod imenom *BAA* (Basketball Association of America) in tri leta kasneje po združitvi s konkurenčno *NBL* (National Basketball League) sprejela sedanje ime.

Košarka je hitro prodrla tudi v Evropo in drugod po svetu. Že leta 1893 se je v Parizu odigrala prva košarkarska tekma v Evropi. Kasneje so za njeno priljubljenost v Evropi veliko naredili ameriški vojaki, ki so se med prvo svetovno vojno bojevali na stari celini. Mednarodna košarkarska organizacija *FIBA* (Fédération Internationale de Basketball Amateur) je bila ustanovljena šele leta 1932 v Ženevi, dve leti po tem, ko je košarko kot šport priznal Mednarodni olimpijski komite. Osem držav je podpisalo ustanovno listino *FIBA*: Argentina, Češkoslovaška, Grčija, Italija, Latvija, Portugalska, Romunija in Švica. Med pomembnejšimi spremembami v zgodovini organizacije *FIBA* je bilo v letu 1989 dovoljenje, da lahko na olimpijskih igrah od takrat naprej države zastopajo tudi profesionalci (na primer igralci iz lige *NBA*). Iz Fédération Internationale

de Basketball Amateur se je organizacija zato preimenovala v Fédération Internationale de Basketball, vendar je ohranila kratico FIBA (FIBA, 2012).

Pravila igre so se pri košarki spreminjala, trenutno veljavna lahko najdemo na domači strani organizacije FIBA (FIBA, 2008). Omejitev časa za ekipo, ki je v napadu, so prvič uvedli leta 1954 v ligi NBA. Kasneje je omejitev napada na 24 sekund, ki je še danes v uporabi, prevzela tudi FIBA. Met, ki šteje tri točke, je FIBA prvič vpeljala leta 1984. Črto, ki označuje met za tri točke, so v letu 2010 prestavili na 6,75 metra od koša, kar pa je še vedno nekoliko manj od razdalje pri metu za tri točke v ligi NBA. Med pomembne novosti, ki jih je FIBA prevzela od lige NBA, sodi tudi vpeljava četrtin, ki so nadomestile polčase. V ligi NBA četrtina traja 12 minut, a pri košarki, ki se igra po pravilih FIBA, 10 minut.

Košarka je bila na olimpijskih igrah prvič predstavljena v Berlinu leta 1936, FIBA pa je leta 1950 organizirala prvo svetovno košarkarsko prvenstvo v Argentini. Od takrat dalje se obe prvenstvi igrata izmenjaje vsaki dve leti. Najuspešnejša reprezentanca na svetovnih košarkarskih prvenstvih so Združene države Amerike s štirimi zmagami, sledita nekdanji državi Jugoslavija in Sovjetska zveza s po tremi zmagami. Po dvakrat sta na svetovnih košarkarskih prvenstvih zmagali ekipi Brazilije in Srbije s Črno goro. Po eno zmago imata še Argentina in Španija. Na olimpijskih igrah je dominacija Združenih držav Amerike v košarki še večja. Na dosedanjih osemnajstih igrah, ko se je igrala košarka, so njeni predstavniki zmagali kar štirinajstkrat. Dvakrat je zmagala nekdanja Sovjetska zveza, po enkrat pa nekdanja Jugoslavija in Argentina.

## **Rokomet**

Podobno kot nogomet ima tudi ta igra svoje zametke daleč v preteklosti. V Atenah so odkrili celo nagrobni spomenik iz šestega stoletja pred našim štetjem, na katerem je upodobljen ta šport. Poleg Grkov in Rimljanov so v zgodovini zelo podobne igre igrali na Grenlandiji, v Egiptu in v srednjeveški Evropi (Šibila, 2004).

Rokomet, kot ga poznamo danes, se je pričel igrati v Severni Evropi v poznem devetnajstem stoletju. Čehi so poznali igro *hazena*, ki so jo igrale večinoma ženske. Danec Hoger Nielsen in desetletje pozneje še Nемец Max Heiser sta kot prva postavila enotna

pravila rokometne igre (Tomljanović in Malić, 1982). Prvi mednarodni dvoboj je bil odigran leta 1925 med Nemčijo in Avstrijo. Mednarodna rokometna zveza je bila ustanovljena leta 1928 pod imenom International Amateur Handball Federation, a jo je leta 1946 po srečanju v Kopenhagenu nadomestila *IHF* (International Handball Federation), ki je ostala uradna mednarodna rokometna zveza vse do danes.

Vse do štiridesetih let prejšnjega stoletja se je rokomet igral na prostem. Pomembna razlika med predhodno in današnjo različico je bila predvsem v velikosti igrišča in golov, saj se je prej igralo kar na nogometnih igriščih z nogometnimi goli. Vsaka ekipa je imela podobno kot pri nogometu enajst igralcev. Rokomet se je preselil v dvorane po letu 1940. Od takrat je število igralcev v ekipi sedem, igrišče pa je precej manjše od nogometnega, toda večje od košarkarskega (Tomljanović in Malić, 1982).

Rokomet se je na olimpijskih igrah prvič demonstriral kot šport že v Berlinu leta 1936, kjer so Nemci dobili zlato medaljo. Kot uradni šport je bil moški rokomet polnopraven šele leta 1972 v Münchnu. Od takrat je redno na sporedu letnih olimpijskih iger. Nobeni reprezentanci ni uspelo tri- ali večkrat osvojiti olimpijskega naslova, a kar nekaj reprezentanc je na olimpijskih igrah zmagalo dvakrat. To so reprezentance nekdanje Sovjetske zveze in nekdanje Jugoslavije, Rusije (enkrat kot Skupnost neodvisnih držav), Hrvaške in Francije. Po enkrat sta naslov osvojili še Nemčija in nekdanja Vzhodna Nemčija.

## 2 Pregled stanja in hipotezi ter raziskovalno vprašanje

### 2.1 Dosedanje stanje

Na področju športnih omrežij je bilo v preteklosti sicer opravljenih nekaj analiz, vendar sistematičnega pristopa k analizi omrežij v smislu analize odigranih iger med igralci ali ekipami ter doseženimi rezultati do sedaj še ni mogoče zaslediti. Pomembno delo so opravili Wäsche in drugi (2012), ki so objavili pregled člankov o analizi omrežij v športu in fizični aktivnosti. Pri čemer pa so zajeli le tiste članke, v katerih so avtorji uporabljali kvantitativne metode analize omrežij in so pisani v angleškem jeziku ter objavljeni v indeksiranih revijah. Omenjenim pogojem je zadoščalo le 23 člankov, objavljenih v 18-ih znanstvenih revijah (predstavljeni so v tabeli 2.1). Z izjemo dveh, ki se pojavita leta 1977 in leta 1990, so bili članki objavljeni leta 2004 ali kasneje. Več kot polovica jih je bila objavljena v zadnjih dveh letih: osem člankov leta 2010 in pet člankov leta 2011. Iz tega je moč sklepati, da raziskovalno zanimanje za uporabo metod analize omrežij na področju športa narašča.

Članke so Wäsche in drugi (2012) analizirali z več vidikov. V tabeli 2.1 so članki razporejeni glede na *vrsto omrežja* in *področje analize*. Avtorji so razdelili omrežja na šest vrst: omrežje socialnega okolja, omrežje medsebojne povezanosti, omrežje izidov, znotraj organizacijsko in zunaj organizacijsko omrežje ter omrežje posredovanj. Največ objavljenih člankov (po osem) spada v omrežja izidov in zunaj organizacijska omrežja. Glede področja analize so članki razdeljeni na šport in zdravje, športno učinkovitost, strukturne vzorce, poznavanje športa in športni menedžment. V tem pogledu so članki enakomerneje razporejeni, največ (po šest) jih je v kategorijah športa in zdravja ter



športne učinkovitosti, v vsaki kategoriji pa so vsaj po trije članki.

Tabela 2.1: Pregled objavljenih člankov s športno tematiko v teoriji omrežij glede na vrsto omrežja in področje analize

Vrsta omrežja	Področje analize				
	Šport in zdravje	Športna uspešnost	Strukturni vzorci	Poznavanje športa	Športni menedžment
<b>Socialno okolje</b>	De la Haye et al.(2010) Pearson et al.(2006)	–	–	–	–
<b>Medsebojna povezanost</b>	–	Duch et al.(2010) Passos et al.(2011)	–	–	–
<b>Omrežje izidov</b>	–	Jessop(2006) Radicchi(2011) Saavedra et al.(2010) Sanders(2011)	Kooji et al.(2009) Leifer(1990) Masuda in Konno(2006) Onody in De Castro(2004) Zachary(1977)	–	–
<b>Znoraj organizacijsko</b>	Ramanadhan et al.(2009) Ramanadhan et al.(2010)	–	–	–	–
<b>Zunaj organizacijsko</b>	Barnes et al.(2010) Brownson et al.(2010)	–	–	Agulló-Calatayud et al.(2008) Bruner et al.(2010) Quatman in Chelladurai(2008)	Cobbs(2011) Sallent et al.(2011) Seevers et al.(2010)
<b>Omrežje posredovanj</b>	–	–	–	–	–

Vir: Wäsche in drugi (2012)

V tabeli 2.2 so članki predstavljeni po področjih športne tematike glede na vrsto zbiranja podatkov ter definicijo točk in povezav v omrežju. Podatke za statistično obdelavo so avtorji člankov zbirali na različne načine. Na področju športa in zdravja prevladuje vprašalnik. Pogost vir podatkov predstavljajo internetne baze, ki jih uporabljajo predvsem avtorji s področja športne uspešnosti, strukturnih vzorcev in poznavanja športa. Področje športnega menedžmenta uporablja tudi intervju. Enote, ki so v omrežju ponazorjene s točkami, najpogosteje predstavljajo športnike in posameznike, sledijo ekipe in organizacije. Najpogostejše s povezavami ponazorjene relacije so dvojboji med športnikoma ali ekipama, izmenjava informacij na področju športa in zdravja, podaje med športniki, prijateljstva itd.

Ob člankih v tabeli 2.1 je treba izpostaviti, da je nogomet trenutno najbolj raziskovan šport v analizi omrežij. Duch in drugi (2010) so analizirali, katere reprezentance so se z vidika mer pomembnosti najbolje obnesle na Evropskem prvenstvu v nogometu leta 2008 v Avstriji in Švici. Dodatno so identificirali najboljše igralce tega prvenstva v

Tabela 2.2: Število objavljenih člankov s športno tematiko v teoriji omrežij po področjih analize glede na vrsto zbiranja podatkov in definicijo točk ter povezav v omrežju

	Področje analize				
	Šport in zdravje	Športna uspešnost	Strukturni vzorci	Poznavanje športa	Športni menedžment
<b>Podatki</b>	Vprašalnik(6)	Internet(3)	Dokumenti(3) Internet(2) Opazovanja	Internet(3) Vprašalnik	Dokumenti Vprašalnik Intervju
<b>Točke</b>	Posamezniki(4) Organizacije(2)	Športniki(4) Ekipe(1)	Športniki(4) Ekipe(1)	Avtorji(2) Koncepti Članki	Organizacije
<b>Povezave</b>	Izmenjava informacij(3) Prijateljstvo(2) Stiki	Dvoboji(3) Podaje(2) Glasovi na volitvah	Dvoboji(3) Partnerstvo Članstvo Prijateljstvo	Sodelovanje Citiranje Soavtorstvo	Stiki Sponsorstvo Ekonomske relacije

Vir: Wäsche in drugi (2012)

posameznih dvobojih in na celotnem prvenstvu. Onody in de Castro (2004) sta raziskovala povezanost med številom nogometnih klubov v Braziliji, v katerih je posamezen igralec nastopal, številom odigranih tekem in številom doseženih zadetkov v karieri.

Radicchi (2011) je objavil zanimiv članek, v katerem je s pomočjo algoritma PageRank (algoritem je opisan v razdelku 6.2.1), določil najboljše moške teniške igralce v moderni dobi tenisa. Avtor se s tem dotakne področja računanja jakosti akterjev v omrežju.

Naštejmo še nekaj del, ki niso bila vključena v raziskavo, ki so jo opravili Wäsche in drugi (2012). V preteklosti so omrežja in z njimi povezane statistične metode uporabljali predvsem za analizo in prikaz podaj med igralci v ekipnih športih, ponovno največ v nogometu. Že leta 1977 sta Gould in Gatrell (1977) s pomočjo omrežij analizirala tekmo finala angleškega nogometnega pokala med Liverpoolom in Manchester Unitedom. Podobno, a novejšo analizo na ravni reprezentanc so opravili Cotta in drugi (2011). S pomočjo analize omrežij so razčlenili igro španske nogometne reprezentance

na svetovnem nogometnem prvenstvu leta 2010, ko so Španci postali svetovni prvaki. Pri tem so se osredotočili predvsem na podaje med igralci, na število podaj in število neprekinjenih podaj. Uspeli so pokazati, da so se Španci v tem pogledu razlikovali od ostalih, in sklepali, da je bil to eden izmed glavnih razlogov za njihov uspeh. Zadnje svetovno nogometno prvenstvo sta za analizo strategij posameznih reprezentanc uporabila tudi Peña in Touchette (2012). S pomočjo omrežja podaj sta skušala poiskati šibke igralce v posamezni ekipi. Na spletnih straneh FAS.Research (2012) redno objavljajo analize podaj v zanimivejših nogometnih dvobojih, ki so opravljene s pomočjo analize omrežij. Vendar je njihov cilj drugačen od ciljev prej omenjenih avtorjev, saj se ukvarjajo predvsem z načini prikaza nogometnih omrežij. Ahmed in drugi (2010) so se ukvarjali z vizualizacijo in poskusom dinamičnega prikaza zgodovine svetovnih nogometnih prvenstev. S pomočjo teh metod so uspeli identificirati brazilsko reprezentanco kot najboljšo reprezentanco na svetovnih nogometnih prvenstvih. Prav tako so ločili boljše reprezentance od slabših in ponudili analizo uspešnosti vsake reprezentance na posameznem prvenstvu v primerjavi z njihovo celotno uspešnostjo na svetovnih prvenstvih.

Omrežja podaj med igralci pri košarki v ameriški študentski ligi NCAA je analiziral Reifman (2006). Pri tem ga je zanimalo, ali se pojavljajo razlike med ekipami v smislu števila podaj enemu ali dvema igralcema v ekipi na eni strani in enakomernem številu podaj med igralci na drugi strani.

Popularnost nogometa na področju analize omrežij se je potrdila na tradicionalni mednarodni konferenci *XXIV Sunbelt* leta 2004 v Portorožu. Celotna sekcija *Viszards* je bila namenjena analizi podatkov, ki opisujejo igranje nogometašev, sodelujočih na svetovnem nogometnem prvenstvu 2002 v Južni Koreji in na Japonskem, v tujih klubih. 32 reprezentanc, ki so sodelovale na svetovnem prvenstvu leta 2002, je imelo svoje nogometaše v klubih iz 44-ih držav. Omrežje je tako sestavljeno iz držav, ki so bodisi nastopale na svetovnem prvenstvu s svojimi reprezentancami bodisi so iz njih prihajali klubi, za katere so nastopali nogometaši iz držav, udeleženi na prvenstvu. Usmerjena povezava med točkami, ki predstavljajo države, je obstajala, če so nogometaši iz prve države igrali v vsaj enem klubu v drugi državi. Povezave so bile nato še utežene s številom igralcev na delu v tuji državi. Med predstavitvami se je pojavila analiza, ki

je s pomočjo metode kazal in virov (ang. hubs and authorities) identificirala države, ki so bile največje izvoznice (kazala), in države, ki so bile največje uvoznice (viri) nogometašev. To delo smo nadgradili s podatki z ostalih svetovnih prvenstev. Analiza je podrobneje predstavljena v razdelkih 7.1.5 in 7.2.2, metoda kazal in virov pa v razdelku 6.2.2.

Uporabnost analize socialnih omrežij za raziskovanje obnašanja posameznikov znotraj športnih ekip so preverjali Lusher in drugi (2010). Eden izmed njihovih zaključkov je bil, da je analiza socialnih omrežij primerna za simultano analizo kakovosti posameznikov v sami ekipi in tudi za raziskovanje na nivoju ekip kot akterjev v omrežju in relacij med njimi.

## 2.2 Hipotezi in raziskovalno vprašanje

Glede na naše poznavanje obravnavane tematike, pregled literature in predhodne analize smo za omrežja športnih iger in šaha, kjer je relacija odigran dvoboj, postavili naslednji hipotezi in raziskovalno vprašanje.

**Hipoteza 1.** *Po jakosti primerljivi igralci in ekipe odigrajo med sabo več dvobojev kot z ostalimi nasprotniki.*

V analizi socialnih omrežij pogosto zasledimo skupine, ki so močnejše povezane med sabo, a šibkeje z ostalimi skupinami. Imenujemo jih *skupnosti* (ang. communities) in so razširjene na mnogih področjih. Znane so družinske skupnosti, politične in poslovne skupnosti, akademske skupnosti, internetne skupnosti in podobno (Wellman in drugi, 1988; Porter in drugi, 2009; Fortunato, 2010). Podoben pojav pričakujemo pri analizi športnih omrežij, kjer med pomembnejše kriterije za razvrščanje igralcev uvrščamo njihovo jakost. Posebej v individualnih športnih panogah, kot sta tenis in namizni tenis (podobno je pri šahu), imajo jakostne lestvice igralcev velik pomen. Najboljši igralci iz razlogov, ki smo jih opisali v prvem poglavju, skrbno čuvajo svojo uvrstitev na jakostni lestvici z neposrednim ali s posrednim (preko izbire turnirjev) izbiranjem nasprotnikov, tako da tudi v primeru poraza ne izgubijo preveč točk na jakostni lestvici. Po drugi strani so turnirji pri tenisu, namiznem tenisu in šahu zasnovani tako,

da na njih igrajo po jakosti primerljivi igralci. Določanje parov oziroma dvobojev na večini turnirjev se pri tenisu in šahu precej razlikuje. Turnirji pri tenisu se igrajo na izločanje (poraženi nima pravice nadaljevati turnirja), a pri šahu vsi igralci največkrat odigrajo vnaprej določeno število kól.

**Hipoteza 2.** *V omrežjih odigranih iger oziroma dvobojev je prisotna geografska povezanost igralcev ali ekip, ki je obratno sorazmerna z jakostjo posameznega igralca ali ekipe.*

Športne panoge, ki jih proučujemo, in šah so razširjeni po vsem svetu. Migracijski vzorci športnikov so predmet proučevanja že vse od druge polovice prejšnjega stoletja (Rooney, 1969; Bale in Gowing, 1976). Po drugi strani pa je bila geografija pogosto vključena v analizo omrežij (Johnston in Pattie, 2011; Onnela in drugi, 2011). Pri analiziranju omrežij z vidika držav, iz katerih prihajajo igralci ali ekipe, pričakujemo določene razlike med porazdelitvijo odigranih iger oziroma dvobojev različno kakovostnih igralcev. Igralci in ekipe, ki so na jakostnih lestvicah zelo visoko uvrščeni, igrajo med seboj ne glede na medsebojno geografsko oddaljenost, ki zanje ni pretirana ovira, saj se srečujejo na turnirjih (odprtega ali celo zaprtega tipa). Verjetno se bodo v omrežjih pojavile celo klike najboljših igralcev ali ekip. Medsebojna geografska oddaljenost lahko pri igralcih, ki so na jakostnih lestvicah slabše uvrščeni, predstavlja določen časovni ali materialni problem. Pričakujemo, da se slabši igralci redkeje pomerijo z geografsko bolj oddaljenimi igralci.

**Raziskovalno vprašanje.** *Ali je pri ocenjevanju jakosti igralcev oziroma ekip treba upoštevati posebnosti posamezne športne panoge v vsakem dvoboju?*

Vsaka športna panoga ima svoje posebnosti, ki bi jih morda lahko pri ocenjevanju jakosti posameznega igralca ali ekipe v čim večji meri upoštevali. V preteklosti so se nekateri avtorji že lotili kritičnega ocenjevanja in izboljševanja metod za računanje jakosti igralcev oziroma ekip. Najbolj cenjen način ocenjevanja jakosti, t. i. *Elov način ocenjevanja jakosti*, so skušali izboljšati Glickman in Jones (1999) ter Sonas (2002). Tenisu in nogometu se je v tem smislu posvečal Stefani (1997). Danes imamo na razpolago večje število podatkov kot nekoč (npr. barva figur nasprotnikov v šahovski partiji),

vendar so metode izračuna ocene jakosti igralcev ali ekip ostale v osnovi enake. Zanimalo nas bo, ali lahko z upoštevanjem posebnosti (npr. prednost domačega igrišča pri ekipnih igrah, različne podlage na teniških igriščih, omenjena barva figur nasprotnikov v posamezni šahovski partiji) izboljšamo dosedanje metode oziroma načine merjenja ocene jakosti igralcev in ekip.

Dodatne hipoteze, ki bodo analizirane v poglavju o drugih športnih omrežjih, so bolj specifične in vezane na konkretne športne panoge. Zato jih bomo predstavili v poglavju 7, in sicer v vsakem podpoglavju posebej.



## 3 Osnove analize omrežij

V tem poglavju bomo predstavili osnovne pojme analize omrežij v splošnem. (Socialna) omrežja se bolj osredotočajo na odnose med enotami in posledice teh odnosov kot na lastnosti posameznih enot, kar je v domeni klasične statistike. Zapisali bomo, kaj so omrežja in katere so njihove lastnosti. Zadnje podpoglavje je namenjeno načinom in metodam prikazovanja omrežij.

### 3.1 Definicija omrežja

Sam pojem *omrežje* je tesno povezan s področjem matematike, imenovanim *teorija grafov*, katerega začetki segajo že v osemnajsto stoletje z Eulerjem in se nadaljujejo v devetnajstem stoletju s Hamiltonom in Kirchoffom. V tem kontekstu je *graf* definiran kot neprazna množica elementov, ki jih imenujemo *točke* grafa, skupaj s seznamom (urejenih ali neurejenih) parov teh elementov, ki jih imenujemo *povezave* grafa (Wilson in Watkins, 1997). Graf določa strukturo omrežja, kjer točko obravnavamo kot najmanjšo enoto v omrežju in predstavlja *akterja* v omrežju (to je lahko študent, organizacija, športnik, ekipa in podobno). Glede na definicijo grafa so točke lahko med sabo povezane ali pa tudi ne. Povezave med njimi delimo na usmerjene in neusmerjene ter posledično ločimo dve vrsti grafov: a) usmerjeni grafi, ki vsebujejo eno ali več usmerjenih povezav, in b) neusmerjeni grafi, ki vsebujejo le neusmerjene povezave. Povezava, ki ima začetno in končno točko v isti točki, se imenuje *zanka*.

Omrežje definiramo kot graf z dodatnimi podatki o točkah in povezavah v tem grafu. Wasserman in Faust (1994) sta definirala socialno omrežje kot končno množico (ali množice) akterjev in relacijo (ali relacije), definirano(e) nad njimi. Poleg usmerjenih in neusmerjenih omrežij se ta delijo na neutožena omrežja in utežena, kjer so na poveza-



vah dodane uteži.

Omrežje formalno definiramo kot  $\mathcal{N} = (\mathcal{V}, \mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{W})$ , kjer je  $\mathcal{V}$  množica vseh točk,  $\mathcal{L} = \mathcal{E} \cup \mathcal{A}$  je množica vseh povezav ( $\mathcal{E}$  je množica neusmerjenih in  $\mathcal{A}$  množica usmerjenih povezav),  $\mathcal{P}$  označuje lastnosti točk in  $\mathcal{W}$  so uteži na povezavah (Batagelj, 2011). Velikost omrežij je določena s številom točk  $n = |\mathcal{V}|$  in številom povezav  $m = |\mathcal{L}|$ .

Časovno omrežje  $\mathcal{N}_{\mathcal{T}} = (\mathcal{V}, \mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{W}, \mathcal{T})$  je opremljeno še s časom  $\mathcal{T}$ , ki je množica časovnih točk  $t \in \mathcal{T}$ . V časovnem omrežju točke in povezave niso nujno vseskozi dejavne. Zato moramo za vsako točko in povezavo podati časovne intervale, v katerih je ta dejavna. Vendar, če je neka povezava dejavna, morata biti dejavni tudi njeni krajišči. Omrežje, ki je sestavljeno iz točk in povezav, dejavnih v nekem trenutku  $t \in \mathcal{T}$ , se imenuje *časovna rezina* v trenutku  $t$  (Brvar in drugi, 2006).

Naslednja je delitev na *enovrstna* in *dvovrstna* ali celo *večvrstna* omrežja. Najpogostejša so enovrstna omrežja, kjer sta lahko povezana dva poljubna akterja v omrežju. Dvovrstno omrežje (ang. two-mode network) je sestavljeno iz dveh disjunktnih si množic točk z lastnostjo, da so lahko točke iz teh množic povezane le s točkami iz druge množice. Ker je ustaljeno ime za množici v dvovrstnem omrežju *akterji* in *dogodki*, omrežje takega tipa imenujemo tudi omrežje *pripadnosti* (ang. affiliation network).

Formalno je dvovrstno omrežje definirano kot  $\mathcal{D} = ((\mathcal{U}, \mathcal{V}), \mathcal{A}, w)$ , kjer sta  $\mathcal{U}$  in  $\mathcal{V}$  disjunktni si množici, množica  $\mathcal{A}$  je podmnožica kartezičnega produkta  $\mathcal{U} \times \mathcal{V}$  oziroma množica povezav, ki imajo svoj začetek v množici  $\mathcal{U}$  in svoj konec v množici  $\mathcal{V}$ ,  $w : \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$  pa je funkcija uteži na povezavah (Wasserman in Faust, 1994). Pogosto dvovrstno omrežje predstavimo tudi s pravokotno matriko  $\mathbf{A} = [a_{uv}]_{\mathcal{U} \times \mathcal{V}}$ , kjer je:

$$a_{uv} = \begin{cases} w_{u,v} & (u, v) \in \mathcal{A}; \\ 0 & \text{sicer.} \end{cases}$$

V analizi socialnih omrežij je zelo znanih nekaj primerov omrežij pripadnosti: udeležba žensk na dogodkih na ameriškem jugu (Davis in drugi, 1941), sodelovanje v nadzornih odborih podjetij (Dumhoff, 1967; Galaskiewicz, 1985) in podobno. Če so točke razporejene v več skupin, kjer lahko povezave potekajo le med točkami različnih skupin, ne pa

znotraj njih, govorimo o večvrstnem omrežju. V disertaciji se bomo večinoma ukvarjali z enovrstnimi omrežji, v podpoglavju 7.2 pa se bomo dotaknili še dvovrstnih omrežij.

(Socialno) omrežje ima lahko definiranih tudi več relacij in se v tem primeru imenuje *večkratno omrežje*. Naj ima neko omrežje definiranih  $r$  relacij. Potem lahko zapišemo  $\mathcal{L} = (\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2, \dots, \mathcal{L}_r)$ .

## 3.2 Lastnosti omrežij

Lastnosti omrežij delimo na tiste, ki jih izračunamo celotnemu omrežju, in na tiste, ki jih lahko izračunamo vsaki točki ali vsaki povezavi posebej. Pri zadnjih nas bodo zanimale predvsem mere pomembnosti.

### Omrežja kot celota

Lastnosti omrežja kot celote imenujemo tudi globalne lastnosti omrežja, npr. število točk v omrežju ter število usmerjenih in neusmerjenih povezav. Po zgledu iz teorije grafov (glej recimo Wilson in Watkins (1997)) so prevzete še nekatere definicije, ki se uporabljajo v analizi omrežij in jih bomo potrebovali v disertaciji. *Maksimalna množica* točk omrežja se imenuje *krepro povezana komponenta*, če lahko ob upoštevanju usmerjenosti povezav pridemo iz vsake točke te množice v vsako drugo točko iz te množice. Besedno zvezo *maksimalna množica* bomo tudi v nadaljevanju uporabljali v smislu, da ni mogoče v to množico dodati nobene točke, ne da bi pri tem pokvarili določeno lastnost. V tem primeru je lastnost *prehodnost* iz vsake točke te množice v vsako drugo točko iz te množice. Če lahko enako naredimo ob neupoštevanju smeri, množico s tako lastnostjo imenujemo *šibko povezana komponenta*. *Sprehod* dolžine  $k$  je definiran kot zaporedje  $k$  povezav z lastnostjo, da je končna točka neke povezave začetna točka naslednje povezave. Seveda lahko vsak sprehod podamo tudi s točkami. Tako imenujemo *sled* sprehod z različnimi povezavami in *pot* sprehod z različnimi točkami.

## Mere pomembnosti

Glede na neusmerjeno oziroma usmerjeno omrežje mere *pomembnosti* ločimo na mere *središčnosti*, ki jih uporabljamo na neusmerjenih omrežjih, in mere *veljave*, ki jih uporabljamo na usmerjenih omrežjih (Wasserman in Faust, 1994).

*Stopnja* točke v omrežju je število povezav, s katerimi je točka povezana z drugimi točkami v omrežju. Če je omrežje usmerjeno, lahko definiramo *vhodno stopnjo* posamezne točke kot število povezav, ki imajo opazovano točko za svoj konec. Podobno je *izhodna stopnja* neke točke število povezav, ki imajo to točko za svoj začetek. Stopnja točke spada med najpreprostejše mere pomembnosti. Točke, ki imajo višjo stopnjo od ostalih, veljajo za bolj središčne (Wasserman in Faust, 1994).

### 3.3 Prikazi omrežij

Potreba po prikazovanju omrežij sega precej nazaj v preteklost (prikazi tabličnih iger, cestnih omrežij in podobno). Toda šele v tridesetih letih dvajsetega stoletja je Moreno uporabil matematični koncept grafa v družboslovju. Razvil je *sociogram*, upodobitev družbenih vezi z grafovskim prikazom. Metode, ki jih je uporabil (Moreno, 1934) so ostale še vsaj dve desetletji osnovno vodilo za risanje sociogramov. Pred množično uporabo računalnikov je bil sociometrični pristop najbolj sistematičen. Francoski kartograf, Jacques Bertin, je v svojem znamenitem delu (Bertin, 1967) podal prvi sistematični teoretični okvir prikaza podatkov. Njegove ideje sta kasneje razširila in dopolnila Edward R. Tufte (Tufte, 1997, 2001) in Leland Wilkinson (Wilkinson, 2005). Splošno razvita načela prikazovanja podatkov veljajo v posebnem tudi za prikaze omrežij.

V devetdesetih letih prejšnjega stoletja sta hiter razvoj računalnikov in možnost shranjevanja ogromnih količin podatkov dala prikazu podatkov povsem nov pomen. Kljub vsemu ostaja prikaz velikih in kompleksnih omrežij izziv tudi v današnjem času (Batagelj, 2011, 2009). Napredek na tem področju je predstavljen na različnih letnih simpozijih (letni simpozij *Graph Drawing* se ukvarja s prikazi grafov) in v znanstvenih revijah (na primer *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*), ki dajejo koristne informacije o novostih v tej veji znanosti.

Za dobro prikazovanje podatkov moramo slediti nekaterim ustaljenim načelom, ki izhajajo iz razumevanja človekovega zaznavanja oziroma percepcije. Razumevanje slednjega lahko pomembno vpliva na izboljšanje tako kvantitete kot kvalitete prikazanih podatkov (Ware, 2012). V analizi omrežij so podatki abstraktni v smislu, da opisujejo nefizične pojave (vezi med ljudmi, denarni tok med podjetji, uvoz in izvoz blaga med državami, število podaj med igralci v nogometu in podobno). Zato poznavanje vidnega dojetja in zaznavanja pomaga, da lahko predstavimo abstraktno s slikovnimi sestavinami, kot so položaj, velikost, barva, oblika in podobno.

Poznamo dve glavni vrsti prikaza omrežij: *grafovskega* in *matričnega*. Pri prvem uporabljamo točke za prikaz akterjev v omrežju in povezave (neusmerjene ali usmerjene) za prikaz relacij med akterji. Moreno je bil pionir na tem področju. Za ponazoritev relacije med parom akterjev je narisal črto, ki ju je povezovala. Še vedno velika večina sistemov uporablja ta način prikazovanja podatkov (Henry in drugi, 2007). Seveda pa moderna računalniška tehnologija ponuja velike možnosti za znatno izboljšanje prikaza omrežij. Glede na postavitev točk je priporočena uporaba avtomatskih postopkov, ki generirajo skoraj optimalen videz omrežja za namene njegovega raziskovanja (de Nooy in drugi, 2012). Med najbolj priljubljenimi algoritmi so tisti, ki temeljijo na metodi minimiziranja energije (ang. spring embedders). Ta metoda postavi točke, povezane z vzmetmi, v stabilen položaj. Ker metoda uporablja lokalne optimizacijske procedure, je treba proces izvesti večkrat, da bi dobili zadovoljivo rešitev. Najbolj znana predstavnika metode minimiziranja energije sta algoritem Kamada-Kawai (Kamada in Kawai, 1989) in algoritem Fruchtermann-Reingold (Fruchterman in Reingold, 1991). V nadaljevanju naštejmo še nekaj kriterijev za estetski prikaz omrežij. Že Moreno je trdil, da je z manjšim številom sekajočih se povezav prikaz boljši, kar kot pravilo velja še danes. Razdalja med točkami naj ponazarja moč in število povezav, kolikor je to le mogoče. Točke, ki so povezane, naj bi bile bližje druga drugi kot nepovezane točke. Izogibati se je treba majhnim kotom med povezavami iz iste točke. Prav tako naj točke ne bi bile preblizu povezavam, ki jih ne povezujejo z drugimi točkami. Podroben opis kriterijev najdemo v de Nooy in drugi (2012). Vsekakor pa geometrijska razporeditev točk in povezav ni edini kriterij, ki ga je treba pri prikazu omrežij upoštevati. Uporaba dodatnih grafičnih lastnosti točk in povezav je uporabna metoda za posredovanje informacij o omrežju

(Bender-deMoll in McFarland, 2006). Lastnosti točk in povezav v športnih omrežjih in šahu so merjene v različnih merskih lestvicah: številski, urejenostni in imenski merski lestvici. Številske lastnosti točk oziroma akterjev lahko ponazorimo z velikostjo točke (širino in višino) ali z njenimi koordinatami. Najlažja predstavitev imenskih lastnosti točk je z barvo ali z obliko točk. Uporabljamo lahko tudi oznako točke (različne barve, oblike in pisave oznak). Številske lastnosti (uteži) na povezavah predstavljamo z vrednostjo na povezavi, s širino in s sivino povezave. Imenske lastnosti povezav ponazorimo z oznakami na povezavi, z barvo povezave ali z njeno obliko (polne ali črtkane črte in podobno). V disertaciji bomo pred prikazom omrežja opisali, katere spremenljivke smo predstavili z omrežjem in kako smo jih ponazorili v grafovskem prikazu.

V matričnem prikazu omrežja vrstice in stolpci predstavljajo točke v omrežju. Tako matriko imenujemo tudi *matrika sosednosti*. Celice v vsaki vrstici (stolpcu) matrike sosednosti predstavljajo izhodne (vhodne) povezave točke, ki je predstavljena s to vrstico (stolpcem). Natančneje, celice v vrsticah predstavljajo začetne točke usmerjenih povezav, medtem ko celice v stolpcih ponazarjajo njihove končne točke. Čeprav matrike že vse od štiridesetih let prejšnjega stoletja igrajo pomembno vlogo v analizi socialnih omrežij, ta način prikazovanja omrežij ni tako pogost kot grafovski prikaz s točkami in povezavami. Eden izmed razlogov za to stanje naj bi bilo relativno malo število sistemov, ki podpirajo matrični način prikaza oziroma vizualizacije omrežij (Freeman, 1980). V Ghoniem in drugi (2005) najdemo modernejšo primerjavo učinkovitosti med grafovskim in matričnim prikazom. Grafovski prikaz se je razumljivo bolje izkazal pri iskanju poti v omrežjih. Po drugi strani je matrični prikaz primernejši za enostavnejša opravila, še posebej če je omrežje večje od dvajsetih točk. Uporaba matričnega načina je priporočljiva pri prikazih gostejših omrežij ali gostejših delov omrežij. Podobno kot pri točkah v grafovskem prikazu je treba tudi pri matričnem prikazu pazljivo postavljati vrstice oziroma stolpce matrike sosednosti. Če so točke v matriki razporejeno poljubno, se hitro zgodi, da je nemogoče razkriti želeno zgradbo omrežja. Pri tej vrsti prikaza prerazporeditvi vrstnega reda točk v matriki, ki jo lahko opišemo s *permutacijami*, posvečamo veliko pozornosti. Pomembna metoda pozicijske analize, ki razstavi matriko na bloke različnih oblik, se imenuje *bločno modeliranje* (Do-

reian in drugi, 2005). Omenjena metoda uporablja eno izmed ekvivalenčnih relacij ali eno izmed mnogih metod razvrščanja v skupine (Ferligoj, 1989). Z razvrščanjem vrstic oziroma stolpcev dobimo vzorce potemnjenih celic v matriki, ki nam služijo za natančnejšo analizo omrežja.

Med pogosteje uporabljene načine razvrščanja v skupine štejemo *hierarhično* razvrščanje v skupine. Algoritem za ta način razvrščanja lahko najdemo v Doreian in drugi (2005). Pri hierarhičnem načinu razvrščanja pri vsaki ponovitvi algoritma na zadnjem koraku določimo t. i. *različnost* (ang. dissimilarity) med novo skupino in ostalimi že prej dobljenimi skupinami. V disertaciji bomo uporabljali *Wardovo metodo*, ki omenjeno različnost določa na naslednji način (Ward, 1963):

$$d(C_i \cup C_j, C_k) = \frac{(n_i + n_j)n_k}{(n_i + n_j + n_k)} d^2(t_{ij}, t_k). \quad (3.1)$$

V enakosti (3.1)  $C_i$  in  $C_j$  predstavljata najbližji skupini, ki se združita v skupino  $C_i \cup C_j$ ,  $C_k$  pa predstavlja poljubno že prej dobljeno skupino. Z  $n_i$ ,  $n_j$  in  $n_k$  so po vrsti označena števila enot v skupinah  $C_i$ ,  $C_j$  in  $C_k$  ter s  $t_{ij}$  in  $t_k$  težišči skupin  $C_i \cup C_j$  in  $C_k$ . Za samo *mero različnosti* (v enakosti (3.1) je označena z  $d$ ) smo v disertaciji uporabljali *popravljenno evklidsko razdaljo*. Naj bo  $E = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  končna množica akterjev v omrežju, ki so povezani z neko relacijo  $R \subseteq E \times E$ . Relacijo  $R$  lahko podamo z matriko  $\mathbf{R} = [r_{ij}]_{n \times n}$  (Batagelj in drugi, 1992). Potem je evklidska razdalja med akterjema  $X_i$  in  $X_j$  v omrežju definirana kot:

$$d_e(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{s=1}^n ((r_{is} - r_{js})^2 + (r_{si} - r_{sj})^2)}. \quad (3.2)$$

Vsoto v obrazcu (3.2) lahko pri indeksu  $i$  in indeksu  $j$  smiselno spremenimo in dobimo popravljeno evklidsko razdaljo (Burt in Minor, 1983):

$$d_p(X_i, X_j) = \sqrt{p((r_{ii} - r_{jj})^2 + (r_{ij} - r_{ji})^2) + \sum_{\substack{s=1 \\ s \neq i, j}}^n ((r_{is} - r_{js})^2 + (r_{si} - r_{sj})^2)}. \quad (3.3)$$

V disertaciji smo uporabljali vrednost  $p = 1$ . Popravljen evklidska razdalja je primer usklajene različnosti s strukturno enakovrednostjo (Ferligoj in Batagelj, 1996).

Imenske lastnosti točk v omrežju lahko v matričnem prikazu ponazorimo z barvami, s katerimi so pobarvane oznake posameznega akterja v vrstici in/ali stolpcu. Pri lastnostih povezav imamo še več izbire. Številske lastnosti ponazorimo z močjo odtenka barve celice, ki predstavlja povezavo. Nekateri sistemi (Batagelj in Mrvar, 1996–2013) omogočajo tudi različne oblike prikaza celic v matriki, kar je lahko uporabno pri prikazu imenskih lastnosti povezav.

## Sredice in otoki

Pri prikazih večjih omrežij se uporabljajo metode *sredic* in *otokov* (za uvod glej na primer Zaveršnik in Batagelj (2004)). Poznamo več metod iskanja posplošenih sredic, med pogostejšimi je metoda, ki jo Batagelj in Zaveršnik (2011) imenujeta metoda *S-sredice* (ang. *S-core method*). Podmnožica točk  $\mathcal{C} \subseteq \mathcal{V}$  določa *S-sredico* stopnje  $t$  enovrstnega omrežja  $\mathcal{N} = (\mathcal{V}, \mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{W})$  natanko tedaj, ko je za vsako točko v množici  $\mathcal{C}$  vsota uteži na povezavah do ostalih točk v množici  $\mathcal{C}$  enaka najmanj vrednosti  $t$ . Prav tako je množica  $\mathcal{C}$  maksimalna množica s to lastnostjo (Batagelj in Zaveršnik, 2011). Nekaterne algoritme za iskanje sredic in otokov lahko najdemo v Zaveršnik (2003).

V dvovrstnih omrežjih nam podmnožica točk  $\mathcal{C} \subseteq \mathcal{U} \cup \mathcal{V}$  določa  $(p, q)$ -*sredico* dvovrstnega omrežja  $\mathcal{D} = ((\mathcal{U}, \mathcal{V}), \mathcal{A}, w)$  natanko takrat, ko v s  $\mathcal{C}$  porojenem podomrežju za vsako točko iz množice  $\mathcal{C} \cap \mathcal{U}$  velja, da je vsota uteži na povezavah do točk v množici  $\mathcal{C} \cap \mathcal{V}$  enaka najmanj vrednosti  $p$  in za vsako točko iz množice  $\mathcal{C} \cap \mathcal{V}$  velja, da je vsota uteži na povezavah do točk v množici  $\mathcal{C} \cap \mathcal{U}$  enaka najmanj vrednosti  $q$ . Množica  $\mathcal{C}$  je maksimalna množica s to lastnostjo (Batagelj in Zaveršnik, 2011).

Po drugi strani s pomočjo metode otokov odkrivamo podomrežja z močnejšo notranjo kohezijo glede na svoje sosednje točke. Tako Batagelj (2011) imenuje *povezavni otok* velikosti med  $k$  in  $K$  točk šibko povezano podomrežje izbrane velikosti v intervalu  $[k, K]$ , kjer so vrednosti uteži povezav, ki vežejo točko na otoku s sosedom izven otoka, nižje kot vrednosti povezav *vpetega drevesa* na otoku. Pri čemer je vpeto drevo nekega povezanega grafa  $G$  maksimalna množica povezav v  $G$ , ki ne vsebujejo ciklov (Wilson in Watkins, 1997). Torej je skupina točk, ki sestavlja otok, močnejše povezana med sabo, kot je povezana z njej sosednimi točkami.

## Skelet omrežja

Eden izmed načinov, kako prikazati gosta in kompleksna omrežja, je predstavitev s pomočjo *skeleta*. Skelet omrežja dobimo z odstranitvijo manj pomembnih točk ali/in povezav. Med pomembnejše metode iskanja skeleta omrežij spada algoritem z imenom *PathFinder*. Ena izmed njegovih lastnosti je, da ohranja povezanost omrežja. Uporablja se na neusmerjenih uteženih omrežjih z dodatnim pogojem, da so uteži nenegativne in merijo različnost (ang. dissimilarity) med točkami (Schvaneveldt in drugi, 1988, 1989). Po Chenu in Morrisu (Chen in Morris, 2003) je ena izmed prednosti tega algoritma, da ne odstranja potencialno pomembnih povezav na najkrajših poteh, kot se to lahko zgodi pri pogosteje uporabljeni metodi *najmanjšega vpetega drevesa* (ang. minimal spanning tree – MST).

Algoritem *PathFinder* sloni na konceptu različnosti, ki je bodisi izračunana iz samih podatkov, lahko pa temelji tudi na čisto subjektivni oceni. Iz omrežja algoritem nato odstrani vse (utežene) povezave, ki ne zadoščajo trikotniški neenakosti. Pri uporabi algoritma *PathFinder* moramo podati dva parametra,  $r \in \mathbb{R}^+$  in  $q \in \mathbb{N}$ . S pomočjo prvega izračunamo dolžino poti z metriko Minkowskega. Naj vrednosti  $w_1, w_2, \dots, w_k$  določajo uteži na poti  $P$  s  $k$  povezavami (torej  $P = (e_1, e_2, \dots, e_k)$ ). Dolžina je definirana kot:

$$W_r(P) = \sqrt[r]{\sum_{i=1}^k w_i^r}. \quad (3.4)$$

V limitnem primeru ( $r = \infty$ ) dolžina te poti s  $k$  povezavami postane:

$$W_\infty(P) = \max\{w_1, w_2, \dots, w_k\}. \quad (3.5)$$

Parameter  $q$  določa, da mora biti trikotniški neenakosti zadoščeno za vse poti s  $k \leq q$  povezavami (Chen, 1998). Število povezav v omrežju, dobljenem z uporabo algoritma *PathFinder*, je obratno sorazmerno z vrednostjo parametrov  $r$  in  $q$ . Če s  $PFNET(r, q)$  označimo neko tako dobljeno omrežje pri parametrih  $r$  in  $q$  in naravno število  $n$  določa število točk v omrežju, potem omrežje  $PFNET(\infty, n - 1)$  vsebuje najmanjše število



povezav. Tako dobljeno omrežje je najjedrnatejše in najbolj strnjeno med vsemi možnimi omrežji  $PFNET(r, q)$  pri vseh vrednostih  $r$  in  $q$ .

## 4 Zbiranje in pregled podatkov

V analizi omrežij lahko podatke zbiramo na različne načine: z anketami, merjenji, opazovanji, iz arhiviranih podatkov itd. V našem primeru smo podatke samostojno zbirali s spleta. Tak način uvrščamo med zbiranje arhiviranih podatkov (Marsden, 2005). Pri tem se je treba zavedati, da podatki na spletu mnogokrat niso primarno namenjeni za analizo omrežij. Zato lahko pri zbiranju naletimo na specifične probleme, svoje težave in njihove rešitve smo opisali na začetku podpoglavja 4.1 in v podpoglavju 4.2.

Sestava podatkov v socialnih omrežjih se razlikuje od standardnih podatkov v sociologiji in ostalih družboslovnih vedah. Kot smo videli v poglavju 3, jih sestavljajo relacije, merjene med akterji v omrežju. Akterje in relacije v omrežjih športnih iger in šaha bomo opisali v podpoglavju 4.2 in nato po potrebi še posebej v posameznih podpoglavjih (predvsem v podpoglavjih poglavja 7, kjer analiziramo druga športna omrežja). V povezavi z zbiranjem in analizo podatkov ter objekti merjenja v omrežjih ločimo dva tipa omrežij: *celotna* in *egocentrična*. V celotnih omrežjih razkrivamo strukture neke po velikosti omejene družbene skupine, na kateri je definirana ena relacija ali več. Relacija(e) v celotnih omrežjih povezuje(jo) enote znotraj celotne skupine. Po drugi strani so raziskave pri egocentričnih omrežjih usmerjene na opis lokalnih socialnih okolij, fokusirane so na relacije v bližini osrednje enote (lahko tudi več osrednjih enot) v omrežju. Marsden (2011) trdi, da so v bistvu egocentrična omrežja vključena v celotnih omrežjih, saj podatki o celotnem omrežju vsebujejo egocentrična omrežja vsake enote v omrežju. V disertaciji nas bodo zanimala le celotna omrežja.

Poseben problem pri zbiranju podatkov v analizi celotnih socialnih omrežij predstavlja *meja* omrežja, ki določa populacijo raziskave. V našem primeru smo osnovni seznam akterjev v omrežjih posameznih športnih panog sestavili s pomočjo *jakostnih lestvic*

posameznikov in ekip. Za vsakega igralca, ki se vsaj enkrat pojavi na jakostnih lestvicah v opazovanem obdobju, smo nato zbrali njegove osebne podatke in podatke o igrah, ki jih je odigral. V nekaterih primerih smo odjemanje podatkov nadaljevali s pomočjo metode *snežne kepe* (ang. snowball sampling), ki je zelo pogosta za zbiranje podatkov v analizi omrežij (Frank, 2011). Pri tej metodi začnemo z izbranim naborom igralcev in na vsakem koraku, torej pri vsakem igralcu, pregledamo, ali smo že zbrali podatke o njegovih nasprotnikih. S koraki nadaljujemo, dokler nimamo zbranih podatkov za vse tako dosegljive igralce v omrežju. Ker so nekateri podatki zbrani za daljša časovna obdobja, lahko z njimi opišemo longitudinalne relacije oziroma rekonstruiramo in nato opazujemo povezave med enotami v preteklosti. Zavedamo se, da so v nekaterih primerih mlajša obdobja podatkovno boljše pokrita od starejših obdobj.

Kode algoritmov za zbiranje podatkov s spleta se nahajajo v prilogi C. Zaradi dolžine posameznih kod za odjemanje podatkov s spleta in njihove podobnosti, smo v prilogi C predstavili le kodo za odjem podatkov omrežja šahistov.

## 4.1 Osnovne lastnosti podatkov

Pri izbiri podatkovnih virov za raziskavo smo se oprli na spletne strani uradnih športnih organizacij:

- ATP in WTA za moški in ženski tenis,
- ITTF za namizni tenis,
- FIDE za šah,
- FIFA za nogomet,
- FIBA za košarko,
- IHF za rokomet.

Omenjene organizacije predstavljajo bogat vir arhiviranih spletnih podatkov o športu in šahu. Vsaka izmed njih pri objavljanju podatkov upošteva svoja pravila, mi smo skušali podatke pripraviti v taki obliki, da bi bili primerni za analizo omrežij in kasneje tudi za primerjavo med nastalimi omrežji.

Prva ovira, na katero smo naleteli, so bile različne oznake držav, ki jih uporabljajo športne organizacije. Vsaka izmed njih pri zapisu uporablja svoje kode. Zapis smo poenotili in se odločili uporabljati t. i. kodno tabelo *ISO3* (natančneje *ISO 3166-1 alpha-3*). Kode držav so v tej prikazane s tremi znaki in so del standarda *ISO 3166-1*, ki ga je objavila Mednarodna organizacija za standardizacijo *ISO* (ang. International Organization for Standardization) zapisa držav, teritorijev in ostalih posebnih področij geografskega interesa (ISO, 2012; United Nations Statistics Division, 2012).

Opazna je tudi neuskkljenost med organizacijami v smislu geografske razdeljenosti sveta. Nekatere organizacije imajo to dobro urejeno, na primer FIFA s konfederacijami, druge temu ne namenjajo veliko pozornosti. Še posebej neurejeno je stanje pri obeh posamičnih športih, tenisu in namiznem tenisu, ter pri šahu. Uporabljene razporeditve držav so opisane pri vsakem športu posebej in povzete v tabeli A v prilogi. V njej najdemo imena držav, njihov *ISO3*-zapis ter regionalno svetovno pripadnost držav po posameznih športih.

V nadaljevanju tega podpoglavja sledi podrobnejša predstavitev podatkov po posameznih športnih panogah in šahu.

#### **4.1.1 Tenis**

Podatki o tenisu zajemajo dvoboje teniških igralcev in igralk v konkurenci posameznikov od leta 1968 do konca leta 2011. Leto 1968 je bilo prelomno, saj so teniškim profesionalcem prvič dovolili igrati z amaterji. To pomeni začetek moderne dobe tenisa.

V bazi teniških igralcev imamo 16732 moških in 16432 žensk. Za vsakega igralca oziroma igralko smo zbrali naslednje osebne podatke:

- ime in priimek,
- letnico in kraj rojstva (če so bili podatki dosegljivi),
- državo, iz katere prihaja,
- s katero roko pri igri drži lopar (če so bili podatki dosegljivi),
- mesta na jakostnih lestvicah, ki jih je v opazovanem obdobju zasedel oziroma zasedla (če so bili podatki dosegljivi).

Moški igralci prihajajo iz 159-ih držav, igralka iz 138-ih. Porazdelitev igralcev po državah je prikazana na sliki 4.1. V obeh konkurencah po številu igralcev zelo izstopajo Združene države Amerike (USA), ki so imele v opazovanem obdobju aktivnih več kot 2000 teniških igralcev in igralk. Za primerjavo povejmo, da nobena druga država ni v nobeni konkurenci presegla meje 1000 aktivnih igralcev. Sledijo evropske države: Nemčija, Italija, Španija in Francija. Visoko najdemo še Avstralijo, Brazilijo, Rusijo in Veliko Britanijo.

Za lažji pregled, kako so teniški igralci in igralka porazdeljeni po svetu, smo uporabili razdelitev, povzeto po Geyer (2010). Igralci so razdeljeni na sedem svetovnih teniških regij: Vzhodna in Zahodna Evropa, Severna in Južna Amerika, Afrika, Azija in Avstralija z Oceanijo (slika 4.2). Največ igralcev in igralk prihaja iz Zahodne Evrope, pri moških sledita Severna Amerika in Vzhodna Evropa, ki pri ženskah zamenjata vrstni red. Najmanj teniških igralcev je iz Avstralije z Oceanijo, najmanj igralk je iz afriških držav.

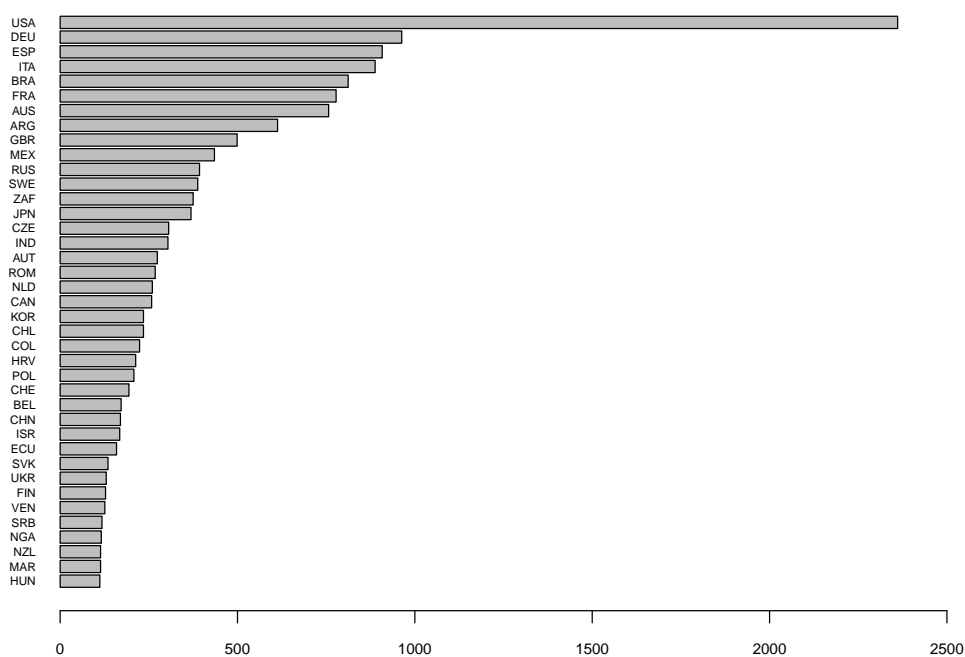
Za vsakega igralca/igralko smo zbrali še podatke o dvobojih, ki jih je v opazovanem obdobju odigral(a), in sicer:

- podatki o nasprotniku,
- čas in kraj igranja dvoboja,
- turnir, na katerem je bil dvoboj odigran,
- kólo, v katerem je bil dvoboj odigran,
- podlaga, na kateri je bil dvoboj odigran,
- ali je bil dvoboj odigran na prostem ali v dvorani,
- ali je bil dvoboj končan regularno ali s predajo enega izmed nasprotnikov,
- rezultat dvoboja.

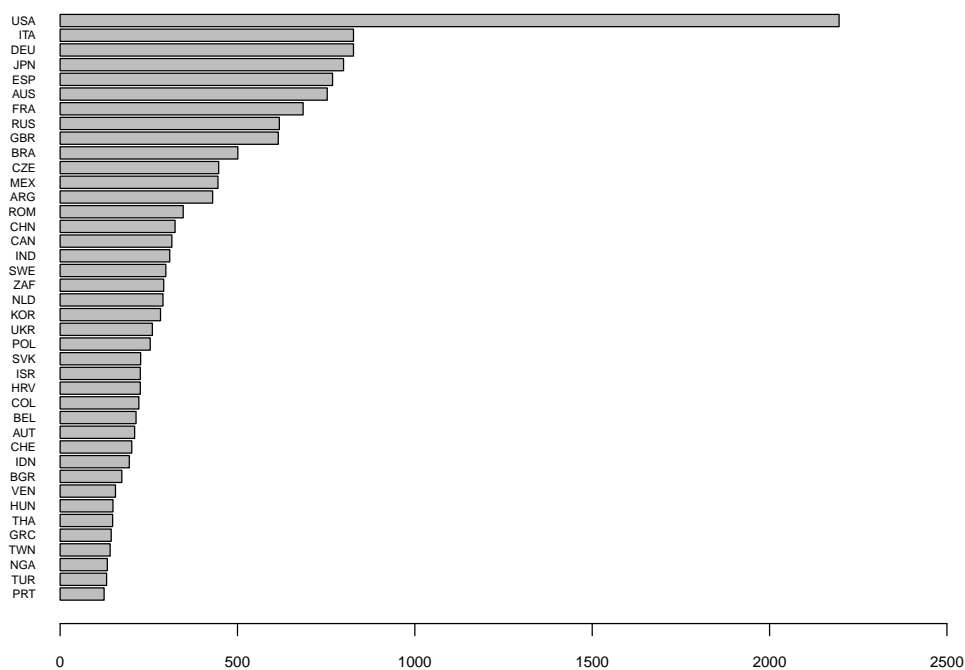
Po naših podatkih so med letoma 1968 in 2011 moški odigrali 438937 dvobojev, ženske so jih odigrale 415346. Kot je razvidno s slike 4.3, je število dvobojev z leti naraščalo. Pri moških je njihovo število v naši bazi med letoma 1997 in 1998 zelo naraslo. Razlog tiči v dejstvu, da so leta 1998 pri organizaciji ATP pričeli z objavljanjem rezultatov tudi na *turnirjih Futures*, tj. turnirjih nižje kategorije. Odstotki odigranih dvobojev na prostem

Slika 4.1: Teniški igralci po državah

(a) Moški

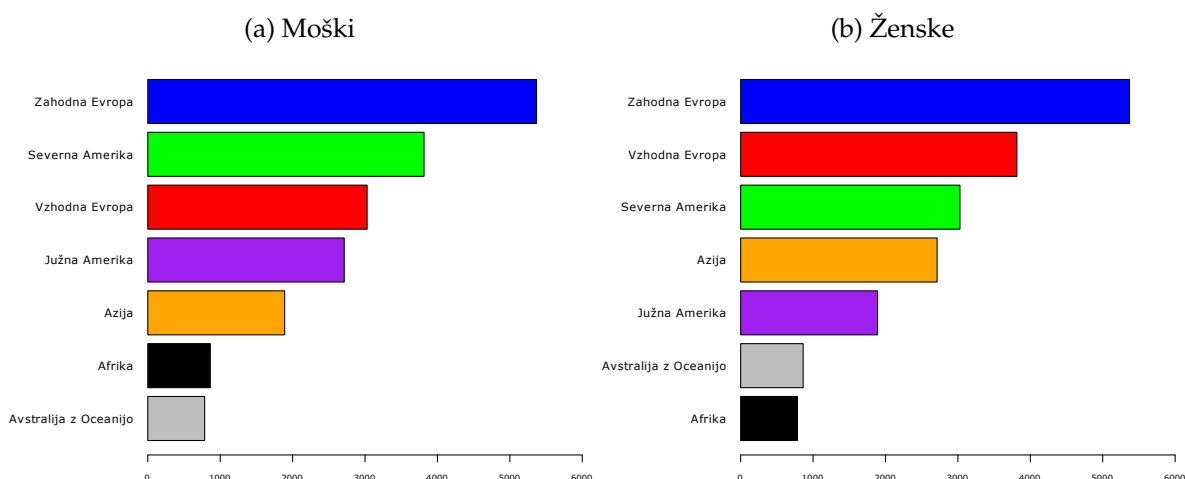


(b) Ženske



in v dvoranah so primerljivi v obeh konkurencah, moški so odigrali 83,38 % dvobojev na prostem, ženske 84,88 %.

Slika 4.2: Teniški igralci po svetovnih regijah



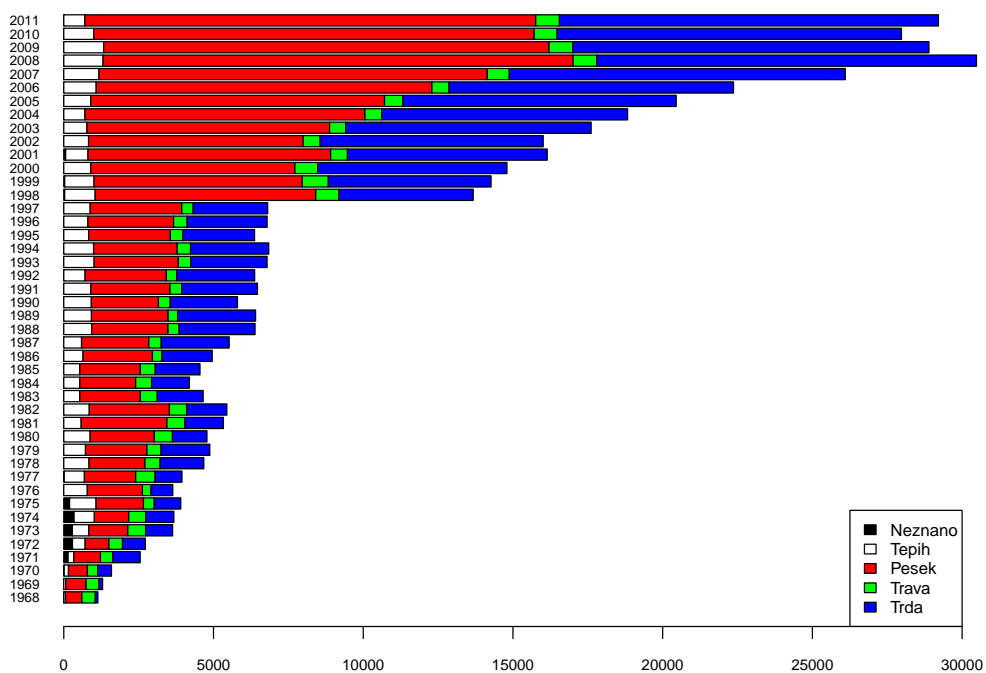
Posebna pozornost pri tenisu je namenjena vrsti podlage, na kateri se igrajo dvoboji. Ločimo štiri osnovne vrste teniške podlage: peščene ugaske oziroma pesek (ang. clay), beton oziroma trdo podlago (ang. hard), travo (ang. grass) in tepih (ang. carpet). Tepih je uveljavljen izraz za posebno vrsto umetne podlage, ki se uporablja predvsem na notranjih teniških igriščih. Trava velja za najhitrejšo podlago, glede na ta kriterij si sledijo v padajočem vrstnem redu ostale: trda podlaga, tepih in pesek. Porazdelitev teniških dvobojev po letih in po vrsti podlage je prikazana na sliki 4.3. Zaključimo lahko, da število teniških dvobojev v obeh konkurencah z leti narašča predvsem na peščeni in trdi podlagi.

Za potrebe kasnejše analize smo definirali skupino *najboljših teniških igralcev/igralk v moderni dobi tenisa*. V to skupino uvrščamo igralce, ki so vsaj trikrat v karieri osvojili turnir najmočnejše vrste, tj. turnir Grand Slam, med letoma 1968 in 2011 (obe leti vključeni). Do konca leta 2011 je to uspelo natanko dvajsetim teniškim igralcem in osemnajstim igralkam, ki so v tabeli 4.1 urejeni(e) po vrstnem redu glede na število osvojenih Grand Slamov (do konca leta 2011).

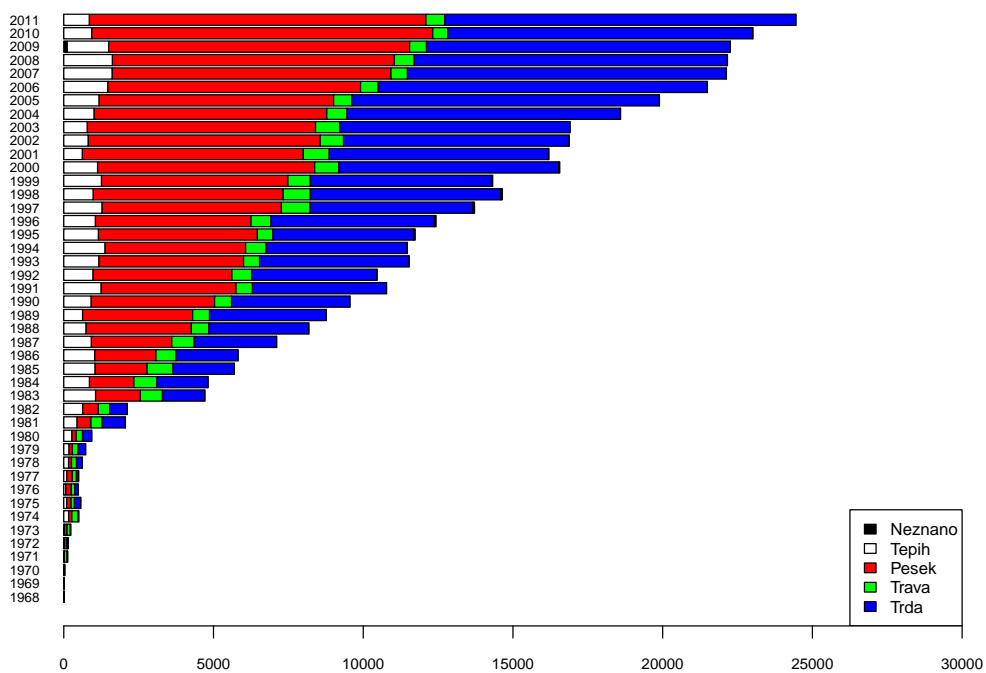
Največ turnirjev Grand Slam (16) je v moški konkurenci do konca leta 2011 osvojil Švicar Roger Federer. Sledita Pete Sampras (14) iz Združenih držav Amerike in Šved Bjorn Borg (11). Med aktivnimi igralci ob koncu leta 2011 sta na tej lestvici ob Federerju le še Španec Rafael Nadal (10) in Srb Novak Djoković (4). Najmočnejše zastopane med moškimi v tabeli 4.1 so Združene države Amerike s kar sedmimi igralci (če k

Slika 4.3: Odigrani teniški dvoboji po letih in podlagah

(a) Moški



(b) Ženske



njim prištevamo tudi Ivana Lendl, ki je sicer šele med kariero pridobil njihovo državljanstvo).



Pri ženskah je bila najuspešnejša Nemka Steffi Graf (22). Sledita predstavnici Združenih držav Amerike Chris Evert in Martina Navratilova (podobno kot Lendl je tudi Navratilova šele med kariero pridobila državljanstvo Združenih držav Amerike), ki sta osvojili vsaka 18 turnirjev Grand Slam. V tabeli 4.1 najdemo med ženskami ob koncu leta 2011 štiri aktivne teniške igralke: ameriški sestri Williams, Belgijko Kim Clijsters in Rusinjo Marijo Sharapovo. Tudi med ženskami so Združene države Amerike najbolj zastopane (poleg Navratilove je njihovo državljanstvo prejela še Monica Seleš).

Tabela 4.1: Najboljši teniški igralci in igralkе v moderni dobi tenisa po številu osvojenih turnirjev Grand Slam (Aktivni igralci in igralkе ob koncu leta 2011 so zapisani(e) s poševno pisavo.)

Moški			Ženske		
Ime in priimek	Država	GS	Ime in priimek	Država	GS
<i>Roger Federer</i>	CHE	16	Steffi Graf	DEU	22
Pete Sampras	USA	14	Chris Evert	USA	18
Bjorn Borg	SWE	11	Martina Navratilova	**USA	18
<i>Rafael Nadal</i>	ESP	10	<i>Serena Williams</i>	USA	13
Andre Agassi	USA	8	Margaret Court	AUS	11
Jimmy Connors	USA	8	Monica Seleš	***USA	9
Ivan Lendl	*USA	8	Billie Jean King	USA	8
John McEnroe	USA	7	Evonne Goolagong	AUS	7
Mats Wilander	SWE	7	Justine Henin	BEL	7
Boris Becker	DEU	6	<i>Venus Williams</i>	USA	7
Stefan Edberg	SWE	6	Martina Hingis	CHE	5
John Newcombe	AUS	5	<i>Kim Clijsters</i>	BEL	4
Rod Laver	AUS	5	Hana Mandlikova	TCH	4
<i>Novak Djoković</i>	SRB	4	Arantxa Sánchez Vicario	ESP	4
Jim Courier	USA	4	<i>Maria Sharapova</i>	RUS	4
Ken Rosewall	AUS	4	Jennifer Capriati	USA	3
Guillermo Vilas	ARG	4	Lindsay Davenport	USA	3
Arthur Ashe	USA	3	Virginia Wade	GBR	3
Jan Kodes	CZE	3			
Gustavo Kuerten	BRA	3			

\* Ivan Lendl je rojen v nekdanji Češkoslovaški in je leta 1992 pridobil državljanstvo Združenih držav Amerike.

\*\* Martina Navratilova je rojena v nekdanji Češkoslovaški in je leta 1981 pridobila državljanstvo Združenih držav Amerike.

\*\*\* Monica Seleš je rojena v nekdanji Jugoslaviji in je leta 1994 pridobila državljanstvo Združenih držav Amerike.

### 4.1.2 Namizni tenis

Zbrali smo podatke o dvobojih igralcev in igralk v konkurenci posameznikov od začetka leta 2008 do konca leta 2011. Razlog za krajše obdobje v primerjavi s tenisom je v načinu objavljanja rezultatov na spletni strani svetovne namiznoteniške organizacije ITTF, kjer so zbrani rezultati le za štiriletno obdobje. Omenjena organizacija o namiznoteniških igralcih in igralkah objavlja naslednje podatke:

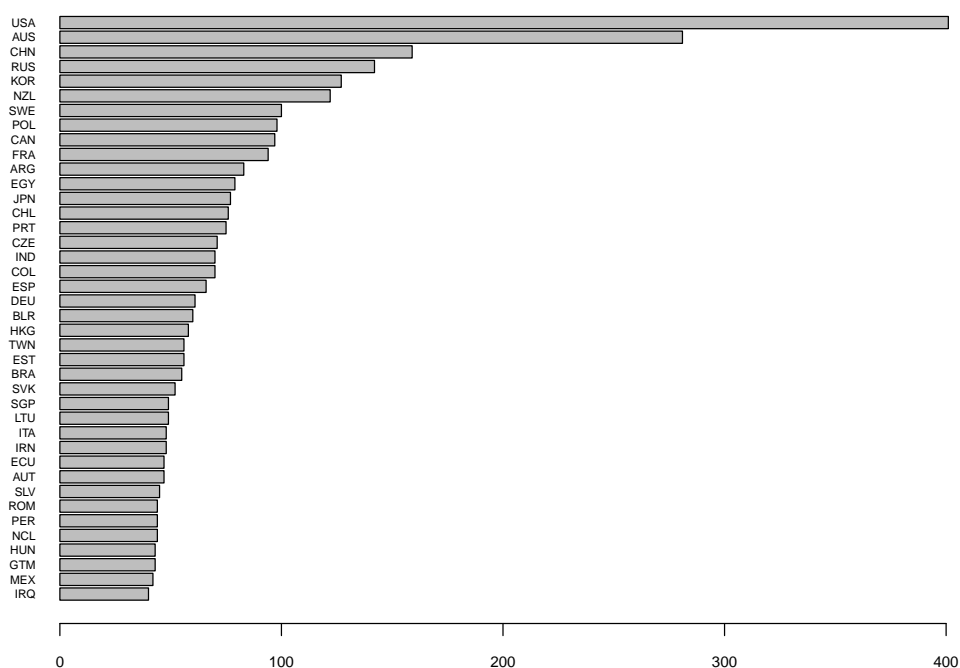
- ime in priimek,
- letnica rojstva (če so podatki dosegljivi),
- država, iz katere prihaja,
- kontinent, s katerega prihaja,
- mesta na jakostnih lestvicah, ki jih je v opazovanem obdobju zasedel oziroma zasedla.

Poudarimo, da so v naši bazi zbrani vsi namiznoteniški igralci, ki so bili v opazovanem obdobju vsaj enkrat na jakostnih lestvicah ITTF in so v opazovanem obdobju odigrali vsaj en dvoboj. Porazdelitev igralcev in igralk po državah, iz katerih prihajajo, je predstavljena na sliki 4.4, kjer je prikazanih štirideset številčno najbolj zastopanih držav v obeh konkurencah. Moških je 5558 in prihajajo iz 194-ih držav. Namizni tenis ima bogato tradicijo na Vzhodu, kjer je najbolj razširjen in priljubljen na Kitajskem. Kljub temu prihaja največ namiznoteniških igralcev iz Združenih držav Amerike, ki imajo v bazi edine več kot 400 igralcev. Združenim državam Amerike v moški konkurenci sledi Avstralija. Šele na tretjem mestu najdemo Kitajsko s 159-imi aktivnimi igralci. Po vrsti nato sledijo: Rusija, Južna Koreja, Nova Zelandija, Švedska in Poljska. Vse omenjene države imajo v naši bazi vsaj po 100 namiznoteniških igralcev.

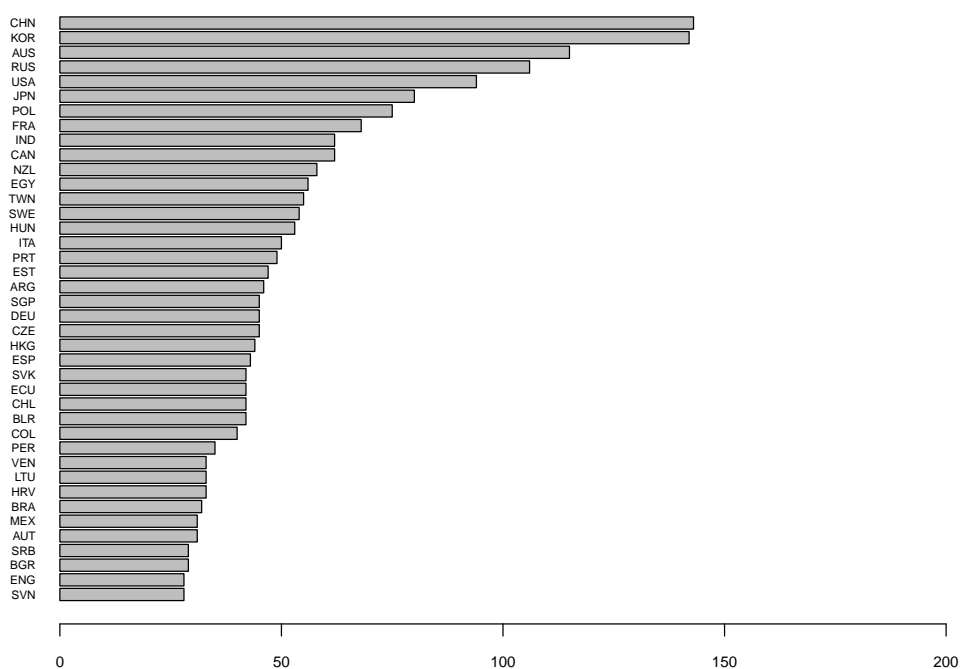
Pri ženskah je igralk in držav nekoliko manj, 3530 jih prihaja iz 175-ih držav. Na vrhu najdemo azijski državi, Kitajsko in Južno Korejo, ki pa imata občutno manj igralk kot številčno najmočnejše zastopane države v moški konkurenci. Nobena država v ženski konkurenci nima 150 ali več aktivnih profesionalnih igralk. Azijskima državam sledijo Avstralija, Rusija, Združene države Amerike, Japonska, Poljska in Francija. Na 40. mestu najdemo Slovenijo.

Slika 4.4: Namiznoteniški igralci po državah

(a) Moški



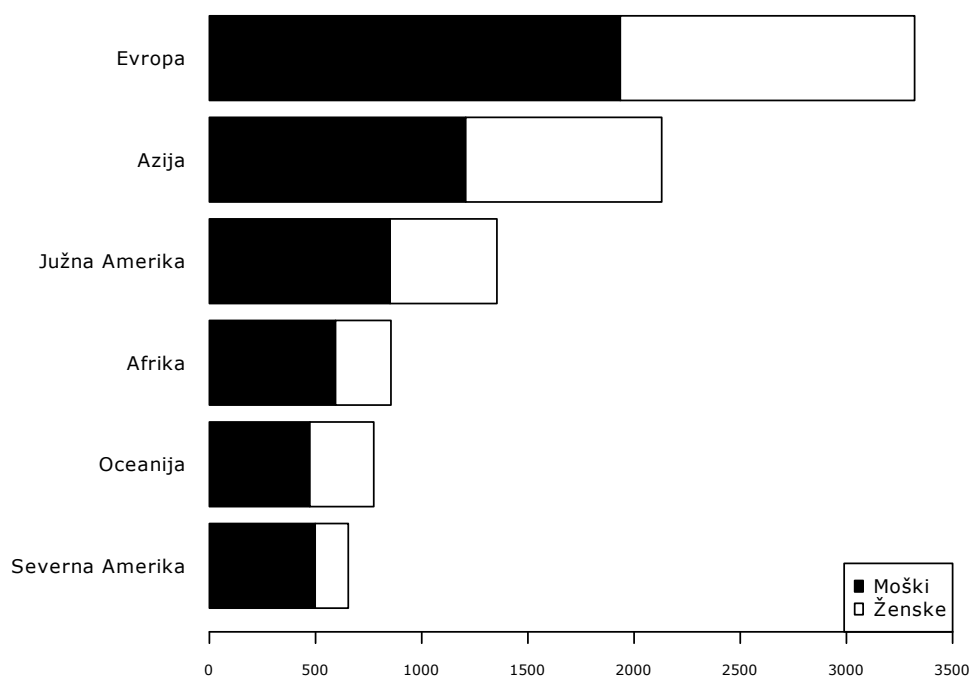
(b) Ženske



Za razliko od obeh teniških organizacij (ATP in WTA) pri namiznem tenisu organizacija ITTF vodi podatke tudi o tem, s katerih kontinentov prihajajo igralci in igralke.

Na sliki 4.5 je prikazano, da največ igralcev prihaja iz Evrope, sledijo Azija, Južna Amerika, Afrika, Oceanija in Severna Amerika. Vrstni red prvih treh kontinentov velja v obeh konkurencah, tako pri moški kot pri ženski. Oceanija se pri moških nahaja na zadnjem mestu, a pri ženskah je četrta. Afrika je po številu igralcev pri moških in pri ženskah pred Severno Ameriko.

Slika 4.5: Namiznoteniški igralci po kontinentih in spolu



Poleg podatkov o igralcih smo zbrali podatke o namiznoteniških dvobojih, odigranih v opazovanem obdobju. Spremenljivke, ki se nanašajo na dvoboje v naši bazi, so naslednje:

- imeni nasprotnikov,
- čas in kraj igranja,
- turnir, na katerem je bil dvoboj odigran,
- kólo, v katerem je bil dvoboj odigran,
- rezultat dvoboja.

Med letoma 2008 in 2011 (obe leti vključeni) je bilo pri namiznem tenisu v moški konkurenci odigranih 82931 dvobojev in v ženski 63463. Frekvenčna porazdelitev

števila dvobojev s strukturnimi odstotki po letih je predstavljena v tabeli 4.2. Porazdelitvi sta pri moških in ženskah podobni. Največ dvobojev so v obeh konkurencah odigrali leta 2010 in najmanj v olimpijskem letu 2008.

Tabela 4.2: Frekvenčna porazdelitev in strukturni odstotki namiznoteniških iger po letih in spolu

Spol		Leto				Skupaj
		2008	2009	2010	2011	
<b>Moški</b>	Število dvobojev	16695	21653	24206	20377	82931
	Strukturni odstotki	20,13	26,11	29,19	24,57	100
<b>Ženske</b>	Število dvobojev	12890	15989	18660	15924	63463
	Strukturni odstotki	20,31	25,19	29,40	25,09	100

### 4.1.3 Šah

Od začetka leta 2008 na spletni strani FIDE objavljajo rezultate vseh ratingiranih šahovskih partij. Pred tem so objavljali le skupni rezultat posameznika na turnirjih. Zbrani podatki zajemajo informacije o šahistih, ki so med letoma 2008 in 2011 odigrali vsaj eno partijo, in njihove rezultate. Tako smo o vsakem pridobili naslednje podatke:

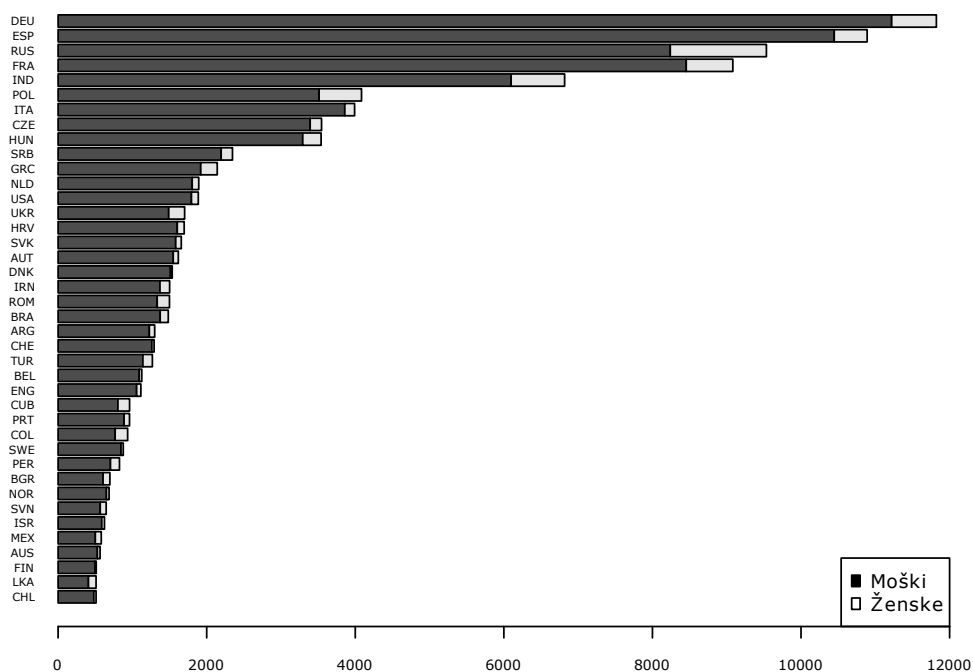
- ime in priimek,
- spol,
- letnica rojstva (če so bili podatki dosegljivi),
- država, iz katere prihaja,
- šahovski naslov (v kolikor ga ima),
- mesta na jakostnih lestvicah, ki jih je v opazovanem obdobju zasedel oziroma zasedla.

V bazi imamo 113271 igralcev in igralk, ki prihajajo iz 165-ih držav. Porazdelitev igralcev po državah in spolu je prikazana na sliki 4.6. Čeprav bi na vrhu glede na priljubljenost šahovske igre v Rusiji pričakovali prav to državo, se le-ta nahaja na

tretjem mestu. Največ šahistov in šahistk, ki so v preteklih štirih letih odigrali vsaj eno ratingirano partijo, imajo Nemci, sledijo jim Španci. Nemčija je v zadnjih letih ogromno vlagala v razvoj igre na 64-ih poljih. Leta 2008 je gostila šahovsko olimpijado v Dresdnu, istega leta je v Bonnu potekal še dvoboj za naslov svetovnega šahovskega prvaka med Indijcem Viswanathanom Anandom in Rusom Vladimirjem Kramnikom. Nemška šahovska liga (Bundesliga) je tudi že dlje časa najbogatejša šahovska liga na svetu. To so razlogi za veliko priljubljenost šaha in veliko število šahistov v Nemčiji.

V uvodnem delu, v podpoglavju 1.3, smo povedali, da so Arabci prinesli šah v Evropo prek Španije, ki se po številu šahistov nahaja na drugem mestu. Igra je že od srednjega veka naprej popularna tudi v Španiji sosednji Franciji (četrto mesto) in v še eni mediteranski državi, Italiji, ki se nahaja na sedmem mestu. Svetovni šahovski prvak Anand je s svojimi uspehi v zadnjih letih vplival na porast popularnosti te miselne igre v Indiji. S slike 4.6 je razvidno, da ima prvih pet držav (Nemčija, Španija, Rusija, Francija in Indija) mnogo več aktivnih šahistov in šahistk kot ostale države. Slovenijo najdemo na 34. mestu.

Slika 4.6: Šahisti po državah in spolu



Šah spada med redke igre, pri katerih se ženske v posamični konkurenci lahko neposredno merijo z moškimi (pri športih to velja še na primer za konjeništvu). Vendar s slike 4.6 razberemo, da je v vseh štiridesetih najštevilčneje zastopanih državah šahistov precej več kot šahistk. V naši bazi je skupaj le 10,52 % žensk. Med trenutno aktivnimi vele mojstri (najvišji šahovski naziv) je le 1,8 % žensk (med skupno 1170 vele mojstri je le 21 žensk). Chabris in Glickman (2006) sta ugotovila, da je manjše število žensk, ki se ukvarjajo s šahom na nižjih kakovostnih ravneh, glavni razlog za moško prevlado v tej miselni igri.

Šahisti so v opazovanem obdobju odigrali skoraj dva milijona in pol ratingiranih partij. O partijah smo zbrali naslednje podatke:

- imeni nasprotnikov,
- barva figur nasprotnikov,
- čas in kraj igranja,
- turnir, na katerem je bila partija odigrana,
- rezultat partije.

Tabela 4.3 prikazuje porazdelitev šahovskih partij po letih od vključno 2008 do vključno 2011. Porazdelitev je približno enakomerna, največ partij je bilo odigranih leta 2010 in najmanj leta 2008.

Tabela 4.3: Frekvenčna porazdelitev in strukturni odstotki šahovskih iger po letih

	Leto				Skupaj
	2008	2009	2010	2011	
Število dvobojev	552111	596180	632707	613435	2394433
Strukturni odstotki	23,06	24,90	26,42	25,62	100

#### 4.1.4 Nogomet

V disertaciji se bomo pri vseh treh ekipnih športih (poleg nogometa sta to še košarka in rokomet) osredotočili na tekme med moškimi ekipami. Glavni razlog za to odločitev je



dejstvo, da je bilo med ženskimi ekipami odigranih precej manj dvobojev (to še posebej velja za nogomet) in je zato kakovostna primerjava med spoloma v tem primeru onemogočena. Nogomet je športna panoga, ki je med najbolj priljubljenimi in je pregovorno "najpomembnejša postranska stvar na svetu". To je eden izmed razlogov, da so baze podatkov o nogometu med najbogatejšimi. Zbrali smo vse izide dvobojev moških nogometnih državnih reprezentanc med letoma 1872 in 2011. Za reprezentance, ki so v tem obdobju odigrale vsaj eno srečanje, imamo v bazi naslednje informacije:

- ime države, iz katere prihaja,
- število vseh nogometašev v posamezni državi ob koncu leta 2011,
- število registriranih nogometašev v posamezni državi ob koncu leta 2011,
- konfederacija FIFA, v katero posamezna reprezentanca sodi,
- mesta na jakostnih lestvicah, ki jih je v opazovanem obdobju zasedla (če so bili podatki dosegljivi).

Ob koncu leta 2011 je FIFA vključevala že 209 članic, ki so bile razdeljene v šest konfederacij:

- UEFA (države iz Evrope),
- CAF (Afrika),
- AFC (Azija),
- CONCACAF (Severna in Srednja Amerika s Karibi),
- OFC (Oceanija),
- CSF ali tudi COMNEBOL (Južna Amerika).

Tabela 4.4 nam prikazuje število članic posamezne konfederacije. Za države, ki konec leta 2011 niso bile vključene v organizacijo FIFA, a so vseeno odigrale mednarodne tekme, smo konfederacijo določili na podlagi geografskega kriterija. Med take spadajo države, ki so razpadle (Sovjetska zveza, Jugoslavija), države, ki so se združile (Vzhodna in Zahodna Nemčija), in podobno. Tako imamo v tabeli 4.4 po konfederacijah porazdeljenih kar 233 držav. Pri vsaki konfederaciji je zapisana država, ki je bila na koncu leta 2011 na najvišjem mestu na jakostni lestvici nogometnih reprezentanc med vsemi

predstavnici te konfederacije. Poleg države je zapisano še mesto na jakostni lestvici, na katerem se je država takrat nahajala.

Tabela 4.4: Število držav po nogometnih konfederacijah

Konfederacija	Št. držav	Najuspešnejša država in mesto ob koncu leta 2011	
		Država	Mesto
UEFA	65	Španija	1.
CAF	59	Slonokoščena obala	18.
AFC	51	Japonska	19.
CONCACAF	37	Mehika	21.
OFC	11	Nova Zelandija	118.
CSF	10	Urugvaj	4.

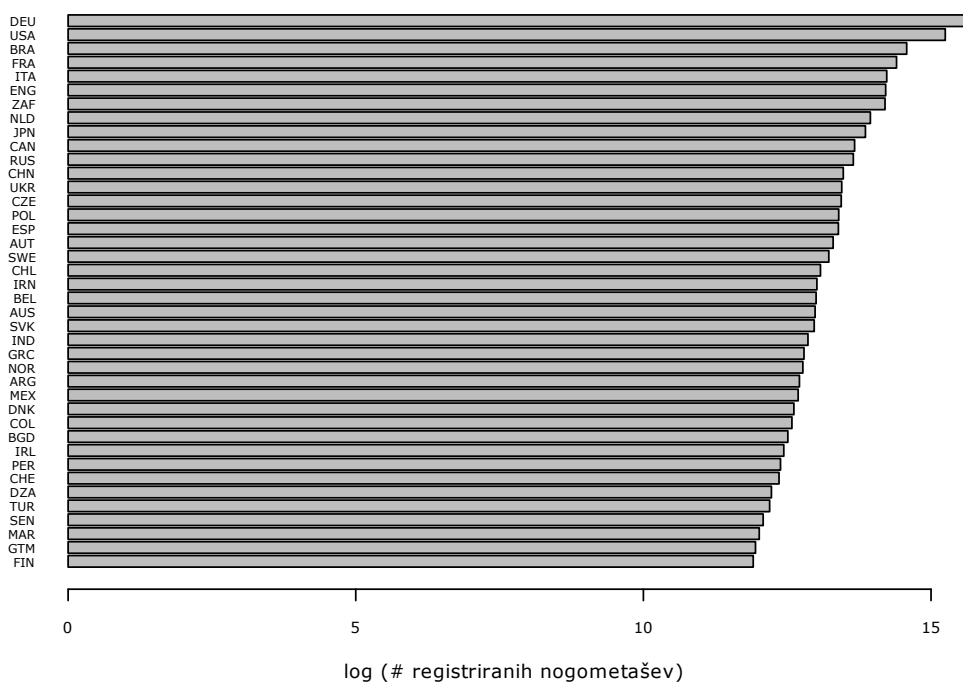
Že bežen pogled na tabelo 4.4 pove, da imajo trenutno v nogometu države iz Evrope in Južne Amerike (UEFA in CSF) absolutno premoč. Najbolje uvrščena država, ki namreč ni iz teh dveh konfederacij, je Slonokoščena obala, ki je šele na 18. mestu. Najslabše so uvrščene države iz Oceanije (OFC), saj se Nova Zelandija kot njihov najboljši predstavnik nahaja šele na 118. mestu.

Priljubljenost nogometa po svetu lahko potrdimo s številom registriranih nogometašev. Slika 4.7 prikazuje njihovo število po državah z logaritmsko lestvico (slika 4.7a) in glede na število prebivalcev v tisočih (slika 4.7b).

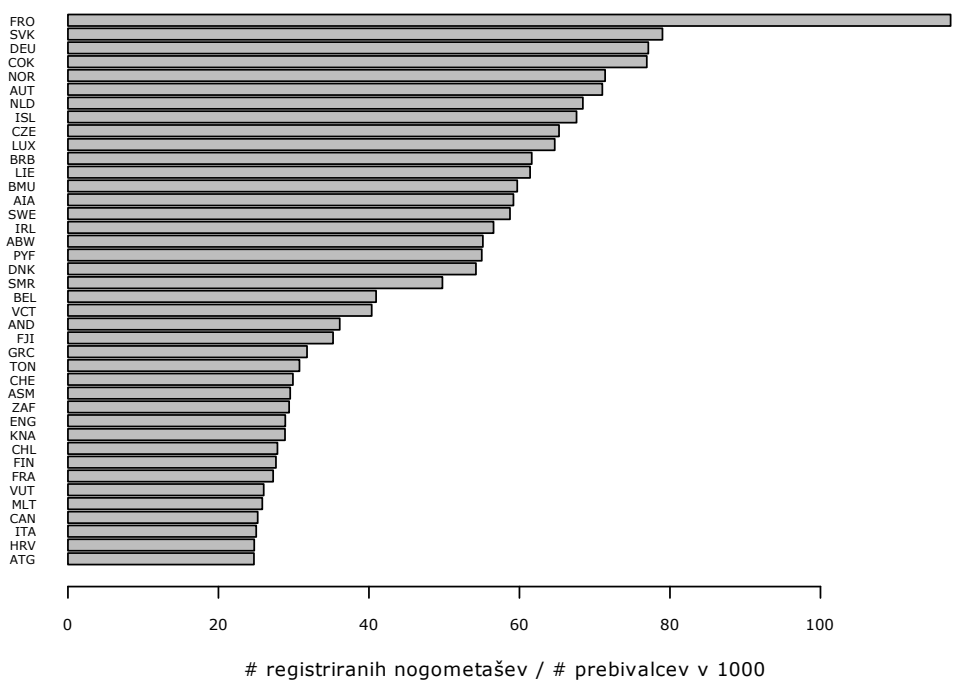
Največ registriranih nogometašev imajo v Nemčiji (prek 6 milijonov), sledijo Združene države Amerike (več kot 4 milijone), Brazilija, Francija, Italija in Anglija. Zanimivo je, da so vse omenjene reprezentance, razen Združenih držav Amerike, že bile med dosedanjimi osmimi svetovnimi nogometnimi prvaki. Še realnejšo sliko o popularnosti nogometa v posameznih državah dobimo, če število registriranih nogometašev delimo s številom prebivalcev v državi (slika 4.7b). Zaradi objektivnosti smo iz analize izključili države, ki imajo manj kot deset tisoč prebivalcev. V tem primeru na vrhu najdemo Ferske otoke, sledita nogometno že zelo razviti državi Slovaška in Nemčija.

Slika 4.7: Število registriranih nogometašev po državah

(a) Logaritemska lestvica



(b) Glede na število prebivalcev v 1000

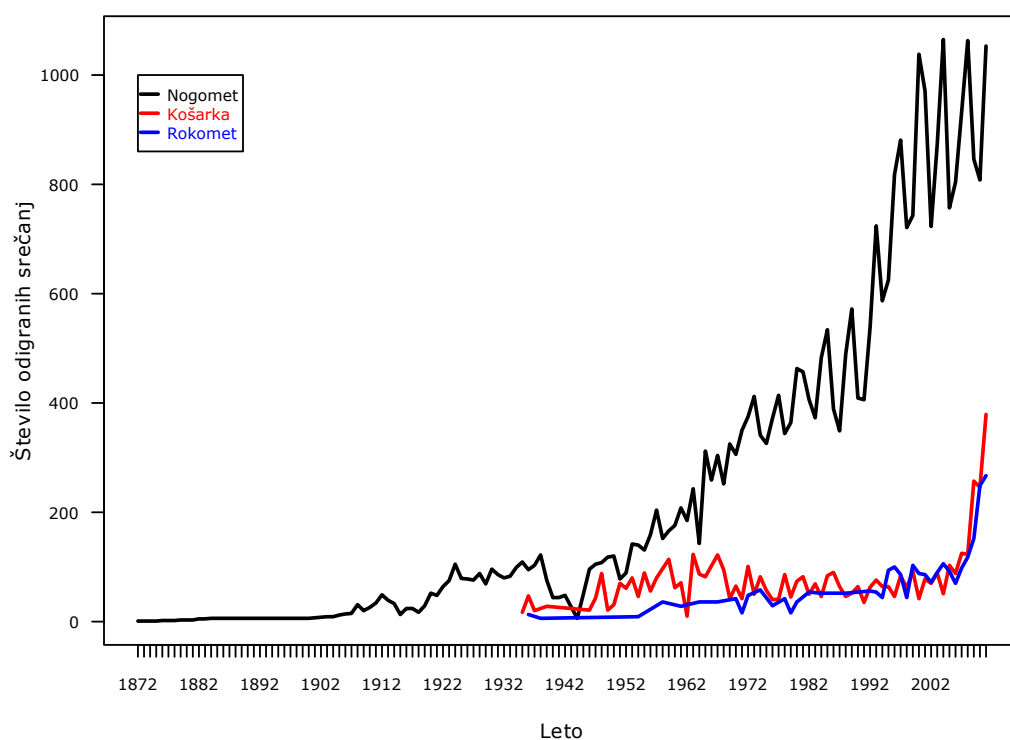


V bazi podatkov najdemo 32166 nogometnih dvobojev. O vsakem imamo naslednje informacije:

- imeni obeh reprezentanc,
- čas in kraj igranja,
- vrsta dvoboja,
- ali je bil dvoboj odigran na domačem igrišču ene izmed reprezentanc ali na nevtralnem terenu,
- rezultat.

Na sliki 4.8 je s črno barvo prikazana porazdelitev nogometnih dvobojev po letih med letoma 1872 in 2011. Lepo je viden naraščajoči trend števila dvobojev v zadnjih letih, ko število odigranih dvobojev na leto v nekaterih primerih že presega 1000. Po drugi strani izstopata obdobji obeh svetovnih vojn, ko nogometnih dvobojev med državami skoraj ni bilo.

Slika 4.8: Število odigranih dvobojev med reprezentancami po letih



#### 4.1.5 Košarka

Po podatkih v naši bazi se je med letoma 1935 in 2011 pomerilo 127 reprezentanc, ki so med sabo odigrale 5230 dvobojev. O košarkarskih dvobojih imamo naslednje podatke:

- imeni obeh reprezentanc,
- čas in kraj igranja,
- vrsta dvoboja,
- rezultat.

Porazdelitev košarkarskih dvobojev po letih je z rdečo barvo prikazana na sliki 4.8. Najstarejši podatki v naši bazi so s prvega Evropskega košarkarskega prvenstva, ki je leta 1935 potekalo v Švici.

Svetovna krovna košarkarska organizacija FIBA je razdeljena na pet regionalnih organizacij oziroma t. i. "komisij" (porazdelitev po regionalni pripadnosti je predstavljena s številom držav v oklepajih):

- FIBA Europe (65),
- FIBA Africa (59),
- FIBA Asia (50),
- FIBA Americas (48; Južna Amerika (10) in Severna ter Srednja Amerika s Karibi (38)),
- FIBA Oceania (11).

Za države, ki trenutno niso vključene v nobeno regionalno organizacijo, a so v preteklosti odigrale vsaj eno košarkarsko tekmo, smo za kriterij uporabili geografsko lego. Pričakovano največ držav prihaja iz Evrope, sledita Afrika in Azija.

#### **4.1.6 Rokomet**

Skupaj je 90 rokometnih reprezentanc med sabo do konca leta 2011 odigralo 3075 dvobojev. O teh imamo naslednje podatke:

- imeni obeh reprezentanc,
- čas in kraj igranja,
- vrsta dvoboja,
- rezultat.

Prva rokometna tekma v naši bazi je bila odigrana leta 1936. Porazdelitev rokometnih dvobojev po letih je z modro barvo prikazana na sliki 4.8. Podobno kot pri košarki se tudi pri rokometu število odigranih srečanj v zadnjih letih močno povečuje.

Rokometne reprezentance so razdeljene na šest svetovnih področij. Največ reprezentanc (49) prihaja iz Evrope, sledijo Afrika (14) in Azija (14), Južna Amerika (6), Severna in Srednja Amerika s Karibi (5). Le dve rokometni reprezentanci predstavljata Oceanijo.

## 4.2 Priprava omrežij

Kot smo omenili v podpoglavju 3.1, je socialno omrežje v svojem najširšem smislu definirano kot končna množica akterjev in relacij, vpeljanih med njimi. Izbor akterjev v naših omrežjih je vsaj v začetku zelo naraven. Pri omrežjih posameznikov predstavljajo akterje kar športniki, ki jih imamo v naših bazah. Pri ekipnih športih so to ekipe oziroma reprezentance posameznih držav. Kljub temu smo se pri pripravi podatkov srečali s številnimi težavami. V večjih omrežjih, kot sta na primer teniško in predvsem šahovsko, se pojavljajo dvojniki (igralci z istim imenom in priimkom), v zapisih rezultatov na internetnih straneh prihaja do tipkarskih napak, zapisi igralcev so včasih nedosledni (zamenjane male in velike črke, manjkajo vezaji in podobno), vse igre so praviloma vnesene dvakrat – pri prvem igralcu in pri njegovem nasprotniku, zaradi dolgotrajnega odjemanja podatkov smo skušali zagotoviti stabilnost internetne povezave itd. Rešitve, ki smo jih uporabljali, bomo na kratko predstavili v nadaljevanju.

Problem dvojnikov smo razrešili z vpeljavo identifikacijske številke oziroma kode posameznega igralca. Pri tem smo uporabljali bodisi kode igralcev, ki smo jih pridobili s spletnih strani (moški in ženski tenis), bodisi identifikacijska števila, ki smo jih določili sami (šah). Vsakemu igralcu smo tako priredili enolično kodo oziroma identifikacijsko številko. Igralce z istimi imeni in priimki smo opremili z znakom \* in z zaporedno številko pojavljanja tega imena (npr. Breznik Kristijan\*1, Breznik Kristijan\*2 itd.). Pri tem smo igralce z istim imenom praviloma zapisali po vrstnem redu glede na njihovo ocenjeno jakost v določenem športu.

Tipkarske napake in nedosledne zapise je bilo zaradi velike količine podatkov nemo- goče ročno popraviti v sprejemljivem času. Pomoč smo poiskali v strojni obdelavi podatkov in pri tem uporabljali *Hammingovo razdaljo* (Hamming, 1950), ki je poznana predvsem na področju telekomunikacij. Hammingova razdalja med dvema nizoma enake dolžine je definirana kot število pozicij, na katerih se znaka v nizih razliku- jeta. Primer: Hammingova razdalja besed **nogomet** in **rokomet** znaša 2. Pri neki fiksni dolžini niza  $n$ , je Hammingova razdalja tudi metrika na vektorskem prostoru besed te dolžine, saj so očitno izpolnjeni pogoji nenegativnosti, enoličnosti ničelne razdalje, simetričnosti in trikotniške neenakosti. Hammingovo razdaljo smo naravno posplošili in jo uporabljali tudi za besede neenakih dolžin. V našem primeru je namreč razdalja med dvema besedama vsota števila znakov, ki jih najdemo v prvi besedi, a jih ni v drugi besedi, in števila znakov, ki jih najdemo v drugi besedi, a jih ni v prvi besedi. S tako definirano razdaljo med besedama smo skušali poiskati in odpraviti tipkarske napake pri vnosu imen posameznih igralcev. Pričakovali smo namreč, da je vrednost pos- plošene Hammingove razdalje med imenom igralca in napačnim vnosom njegovega imena relativno nizka. Program je nadomestil vpisano ime igralca, ki ga ni našel na sez- namu, z imenom igralca, ki se je glede na Hammingovo razdaljo najmanj razlikovalo. Ker primerjamo množice črk v zapisih, lahko s tem programom odkrijemo tudi napake pri zamenjavi vrstnega reda črk v imenu posameznega igralca. V primeru, da je bila posplošena Hammingova razdalja do vseh imen na seznamu prevelika, smo morali igralca poiskati sami. Omenjena razdalja se je izkazala za učinkovit pripomoček, a je vseeno ostalo veliko ročnega popravljanja podatkov.

Pri našem načinu odjemanja podatkov so igre zapisane dvakrat. Uporabili smo pre- prosto rešitev – ohranili smo le igre, kjer je identifikacijska številka prvega igralca manjša od identifikacijske številke drugega igralca.

Izbira relacij za pripravo omrežij pri izbranih športih in šahu je zelo pestra. Podrob- neje bomo uporabljene relacije opisali pred samo vpeljavo konkretnih omrežij, v tem podpoglavju bomo na kratko predstavili le nekaj različnih možnosti. Zelo enostaven primer neusmerjenega omrežja športnih iger je definiran z relacijo *je igral proti*. Om- režja s tako definirano relacijo bomo imenovali *omrežja iger*. Ta so neusmerjena, saj če je prvi akter v omrežju igral proti drugemu akterju, je tudi drugi akter igral proti

prvemu. Omrežja lahko še utežimo, uteži na povezavah naj predstavljajo število odigranih dvobojev med parom akterjev v omrežju.

Omrežja, ki nastanejo z vpeljavo ostalih relacij, bomo preprosto imenovali *druga športna omrežja*. Če vpeljemo relacijo *je premagal*, omrežje postane usmerjeno od zmagovalca k poražencu. Uteži na usmerjeni povezavi lahko predstavljajo število dvobojev, v katerih je prvi igralec (začetna točka usmerjene povezave) premagal drugega igralca (končna točka usmerjene povezave). Omenimo še nekaj zanimivih možnosti vpeljave relacij v omrežjih športa in šaha. V teniškem omrežju je možna relacija *je predčasno predal dvoboj proti*, ki sta jo analizirala Breznik in Batagelj (2012b). Pri šahu je zanimivo spremljati neodločene rezultate, ki jih imenujemo tudi *remi*. Tako lahko vpeljemo relacijo *je remiziral*, ki je očitno neusmerjena. Pri ekipnih športih, še posebej pogosto pri nogometu, mnogokrat opazujemo prednost domačega igrišča. Kot pomoč pri analizi si lahko izberemo relacijo *delež zmag na domačem igrišču*. Dobljeno omrežje je usmerjeno in uteženo, uteži pa zavzamejo le vrednosti na zaprtem intervalu med  $-1$  in  $1$ .

Lastnosti posameznih akterjev, to so na primer država, iz katere ta prihaja, konfederacija, iz katere prihaja nogometna reprezentanca, jakost igralca/ekipe, v nekaterih športnih panogah tudi bolj specifične lastnosti, kot so roka, s katero igralec drži lopar, odstotek zmaganih dvobojev v karieri posameznega igralca in podobno, smo predstavili kot razbitja in vektorje v programu Pajek (Batagelj in Mrvar, 1996–2013). Razbitja in vektorje bomo uporabljali pri nadaljnji analizi in jih bomo po potrebi tudi opisali v poglavjih, ki sledijo.





## 5 Analiza omrežij iger

V omrežjih iger so akterji igralci oziroma ekipe, relacija pa je definirana kot *je igral proti*. Tako dobljena omrežja so neusmerjena in na začetku neutežena. Z združevanjem povezav med pari akterjev lahko ustvarimo uteženo omrežje, kjer uteži predstavljajo število odigranih dvobojev med dvema nasprotnikoma (število neuteženih neusmerjenih povezav med parom akterjev). Poglavje smo razdelili na analizo omrežij iger posameznikov in analizo omrežij iger v ekipnih športnih panogah. Ker časovna obdobja zbranih podatkov ne sovpadajo, predvsem pri igrah posameznikov se zelo razlikujejo, bomo zaradi kasnejše primerjave omrežij analizo pri športih posameznikov izvedli za igre v obdobju štirih let, od začetka leta 2008 do konca leta 2011. Pri ekipnih športih je akterjev in odigranih dvobojev precej manj, a so na razpolago podatki za daljše časovno obdobje. Glede na porazdelitev števila odigranih dvobojev (slika 4.8) bomo pri analizi omrežij iger v ekipnih športih uporabili podatke za čas po drugi svetovni vojni, natančneje od začetka leta 1946 do konca leta 2011. Kakovost reprezentanc se sicer skozi tako dolgo časovno obdobje spreminja, a po drugi strani tradicionalno močne reprezentance v določenih športnih panogah ostajajo na visokem nivoju dlje časa.

### 5.1 Analiza omrežij iger posameznikov

Pri tej analizi smo se v disertaciji osredotočili na tri športne panoge: tenis, namizni tenis in šah. Teniško in namiznoteniško omrežje sta ločeni tudi po spolu. Šahovske partije lahko moški in ženske igrajo drug proti drugemu, zato imamo pri šahu le eno omrežje. V vseh petih omrežjih so akterji športniki, ki so v tem času odigrali vsaj en dvoboj, relacija pa je definirana kot *je igral proti*. Dobljena omrežja so neusmerjena in neutežena, kasneje pa lahko tudi utežena s številom iger oziroma dvobojev, ki sta

jih posameznika odigrala drug proti drugemu. Najprej bomo opisali nekaj osnovnih lastnosti dobljenih omrežij.

Od začetka leta 2008 do konca leta 2011 je bilo med moškimi aktivnih 7530 teniških igralcev, ki so skupaj odigrali natanko 116555 dvobojev. 5889 žensk je v tem času odigralo 91880 dvobojev, kar je v povprečju na igralko celo nekoliko več kot pri njihovih moških kolegih. Največ dvobojev sta pri moških odigrala med sabo Srb Novak Djoković in Španec Rafael Nadal (21 dvobojev), pri ženskah sta jih največ med sabo odigrali manj znani italijanski sestri Evelyn in Julia Mayr (13 dvobojev). Najaktivnejši teniški igralec glede na število odigranih srečanj je bil Albert Ramos iz Španije (356 odigranih dvobojev), pri ženskah ima ta primat Danka Caroline Wozniacki (329). V jeziku teorije omrežij število odigranih dvobojev posameznega igralca/igralke imenujemo stopnja točke, ki predstavlja tega igralca/igralko v omrežju iger (neuteženo omrežje). Torej sta stopnji Ramosa in Wozniackijeve 356 in 329 ter predstavljata najvišji stopnji točk v omrežjih teniških iger. Porazdelitve stopenj točk v vseh petih omrežjih iger športnih panog posameznikov smo prikazali na sliki 5.1. Prikazane so v obliki dvojno logaritemske lestvice, kjer nam naklon krivulje pove eksponent spreminjanja odvisne spremenljivke (v našem primeru je to število igralcev – na grafih označeno kot frekvenca) glede na neodvisno spremenljivko (stopnja točke – število odigranih dvobojev). Najprej si pogledimo porazdelitev v obeh teniških omrežjih iger (sliki 5.1a in 5.1b).

Porazdelitvi moških in žensk pri tenisu sta zelo podobni. Obe se pričneta visoko (več kot 1000 teniških igralcev in igralk je odigralo le en dvoboj) in nato pričneta linearno padati. Ker gre za padajočo linearno povezanost v dvojno logaritemski lestvici, to posledično pomeni, da frekvence igralcev glede na stopnje točk (število dvobojev) veže potenčni zakon – omrežje je *brezlestvično* (ang. scale-free). Graf se v obeh konkurencah prične gostiti, ko stopnja točk naraste čez 50 (čez 50 odigranih teniških dvobojev). Grafa se končata pri Ramosu (356) in Wozniackijevi (329).

Uteženo omrežje iger dobimo, če združimo večkratne povezave (igre med parom igralcev/igralk) v eno povezavo in za utež postavimo število prvotnih povezav oziroma dvobojev para akterjev v omrežju iger. Pri tem omrežje ostane neusmerjeno, stop-

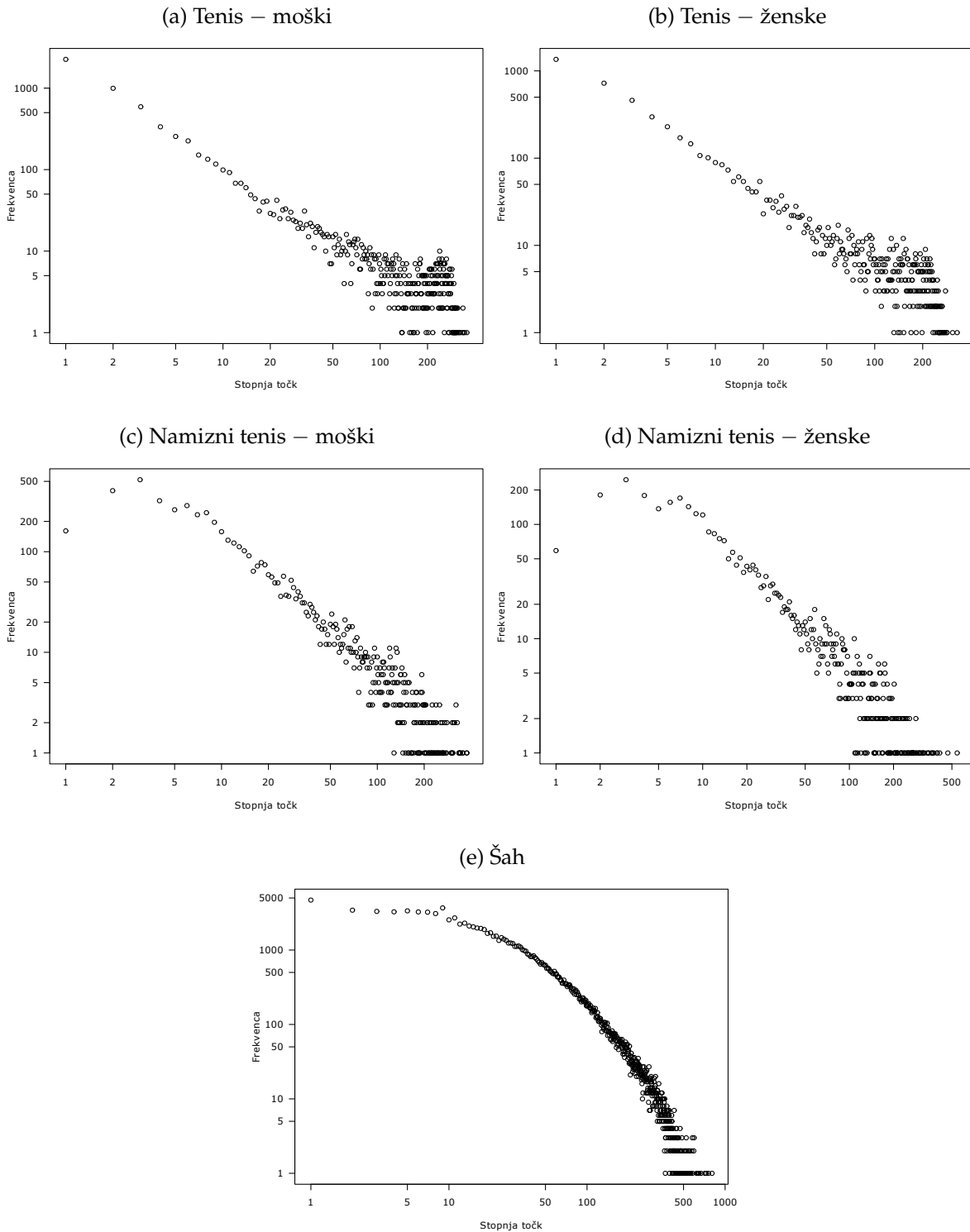
nje točk pa sedaj predstavljajo število nasprotnikov, proti katerim so igralci/igralke odigrali dvoboje. Proti največ nasprotnikom (263) je v moškem teniškem omrežju iger igral Španec Guillermo Olaso in proti največ nasprotnicam (261) Čehinja Sandra Zahlavova.

Podobno kot teniški omrežji iger lahko analiziramo namiznoteniški omrežji iger in šahovsko omrežje iger. Rezultati so prikazani na slikah 5.1c in 5.1d ter v tabeli 5.1. Pri namiznem tenisu je 5558 moških igralcev v analiziranem obdobju odigralo 82931 dvobojev in 3530 žensk 63463 dvobojev. Šahovsko omrežje iger je veliko večje, 113271 šahistov (moški in ženske skupaj) je odigralo kar 2394433 partij. Razlog za tako veliko razliko med šahovskim omrežjem iger in ostalimi je, da so v teniška in namiznoteniška omrežja iger vključeni praviloma le profesionalni igralci, medtem ko v šahovskem omrežju iger najdemo prav vse šahiste, ki so odigrali vsaj eno uradno partijo. Po številu odigranih dvobojev izstopa predvsem bolgarski šahist Dimitar Marholev, ki je v analiziranem obdobju odigral kar 804 partije, in to proti 703 različnim nasprotnikom. Veliko je igrala tudi romunska namiznoteniška igralka Bernadette Szocs, 543 iger proti 332 različnim nasprotnicam. Porazdelitvi stopenj točk sta pri namiznoteniških omrežjih iger moških in žensk zelo podobni (sliki 5.1c in 5.1d). Stopnje točk najprej nekoliko narastejo, a kasneje linearno padajo podobno kot pri obeh teniških omrežjih iger. Porazdelitev stopenj točk pri šahovskem omrežju iger (sliki 5.1e) je drugačna. Prične se zelo visoko (veliko igralcev je odigralo razmeroma malo partij), nato na tej višini vztraja do stopnje 10 (10 odigranih partij), ko začne strmo padati. Očitno je v naši bazi ogromno šahistov, ki so igrali le na enem turnirju ali pa so v štirih letih odigrali celo manj kot devet partij.

Zanimivo je pogledati, ali obstaja povezava med številom odigranih iger in številom (različnih) nasprotnikov glede na kakovost posameznih igralcev. V ta namen bomo uporabili mero, imenovano *indeks istih nasprotnikov* (ang. the Same Opponent Indeks – SOI), ki sta jo vpeljala Breznik in Batagelj (2011a) po vzoru Greenbergovega indeksa raznolikosti (Greenberg, 1956; Lieberon, 1964). SOI je definiran na naslednji način:

$$SOI = 1 - \left(\frac{a}{b}\right)^2, \quad (5.1)$$

Slika 5.1: Prikaz stopenj točk v omrežjih iger posameznikov z dvojno logaritmskimi lestvicami



kjer  $a$  predstavlja število različnih nasprotnikov in  $b$  število iger, oboje v istem opazovanem obdobju. Neposredno iz enačbe 5.1 sledi, da je  $SOI \in [0, 1]$ . Višja vrednost

Tabela 5.1: Največje število odigranih dvobojev in največje število nasprotnikov med letoma 2008 in 2011 po športih in spolu

Šport	Spol	Največ odigranih iger		Največ nasprotnikov	
		Igralec/igralka	Število	Igralec/igralka	Število
Tenis	Moški	Albert Ramos	356	Guillermo Olaso	263
	Ženske	Caroline Wozniacki	329	Sandra Zahlavova	261
Namizni tenis	Moški	Tamas Lakatos	376	Omar Assar	287
	Ženske	Bernadette Szocs	543	Bernadette Szocs	332
Šah	Moški	Dimitar Marholev	804	Dimitar Marholev	703
	Ženske	Rout Padmini	514	Amalia Aranaz Murillo	418

*SOI* pri posameznem igralcu/igralki pomeni, da je v opazovanem obdobju ta igralec/igralka več igral(a) proti istim nasprotnikom. Za lažjo predstavo si pogledjmo nekaj vrednosti tega koeficienta pri najboljših igralcih/igralkah na svetu na koncu leta 2011. Novak Djoković je bil proglašen za najboljšega teniškega igralca leta 2011, prav tako se je na koncu tega leta nahajal na vrhu lestvice ATP. Od začetka leta 2008 do konca leta 2011 je odigral 338 dvobojev proti 114-im različnim nasprotnikom. Njegov *SOI* znaša 0,89. Za primerjavo vzemimo omenjenega Guilerma Olasa (odigral je teniške dvoboje proti največ različnim nasprotnikom), njegov *SOI* je enak 0,39. Izračunane *SOI* ostalih najboljših igralcev/igralk na svetu ob koncu leta 2011 in povprečne *SOI* po športnih panogah posameznikov najdemo v tabeli 5.2.

*SOI* najboljših igralcev/igralk na svetu ob koncu leta 2011 so precej višji od povprečnih *SOI*, in to velja za vse panoge. Najboljši igralci/igralk tako precej več igrajo s po jakosti primerljivimi nasprotniki kot z ostalimi športniki oziroma šahisti. Pri tem je zanimivo, da se kljub precejšnjim razlikam v velikosti in strukturi ostalih omrežij v primerjavi s šahovskim *SOI* v vseh primerih obnaša zelo podobno.

V nadaljevanju bomo pogledali, kako kakovost igralcev/igralk v posamezni športni panogi vpliva na vrednost *SOI*. Porazdelitve *SOI* po posameznih panogah so pred-

Tabela 5.2: *SOI* najboljših igralcev /igralk na svetu na koncu leta 2011 in povprečni *SOI* po panogah

Šport	Spol	Izračun <i>SOI</i>				
		Igralec/igralka	Št. iger	Št. naspr.	<i>SOI</i>	<i>SOI</i> povprečje
Tenis	Moški	Novak Djoković	338	114	0,89	0,08
	Ženske	Caroline Wozniacki	329	131	0,84	0,08
Namizni tenis	Moški	Ma Long	195	90	0,79	0,12
	Ženske	Ding Ning	143	70	0,76	0,17
Šah	Moški	Magnus Carlsen	264	64	0,94	0,12
	Ženske	Hou Yifan*	468	225	0,77	0,15

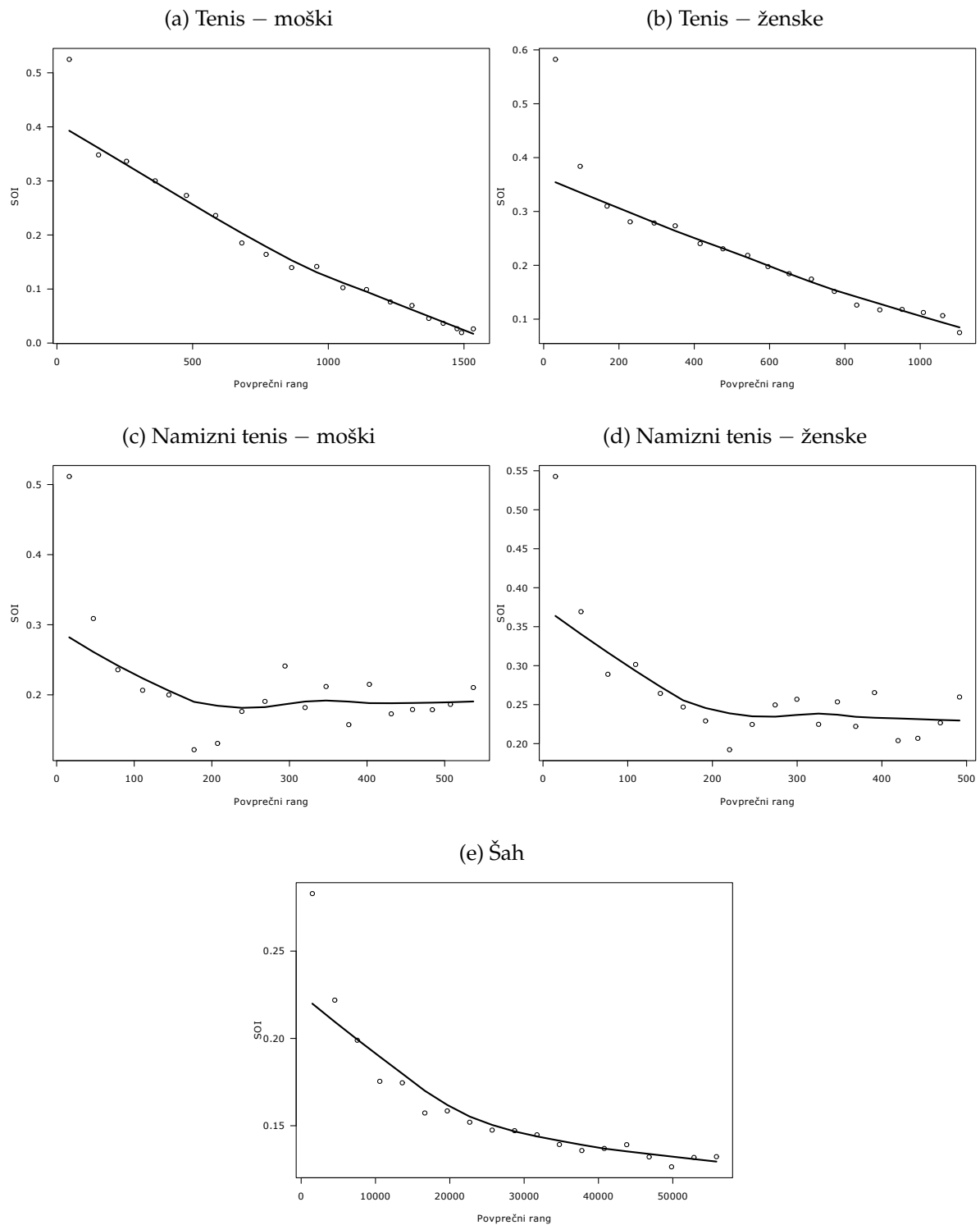
\* Judit Polgar je bila konec leta 2011 najboljše uvrščena ženska na šahovski jakostni lestvici, vendar je zaradi materinskih obveznosti v opazovanem obdobju odigrala malo partij in je zato nismo vključili na seznam. Nadomestili smo jo s Kitajko Hou Yifan, aktualno žensko svetovno šahovsko prvakinja, ki na ženski šahovski jakostni lestvici zaseda drugo mesto.

stavljene na sliki 5.2. Prikaze smo dobili na naslednji način:

- aktivnim igralcem /igralkam v posamezni športni panogi smo izračunali peti centil vseh njihovih uvrstitev na jakostnih lestvicah v opazovanem obdobju,
- igralce /igralko smo nato razdelili v 20 enako velikih skupin,
- izračunali smo povprečni peti centil uvrstitev na jakostnih lestvicah za vse enote v skupini (na sliki 5.2 označen s *Povprečni rang*),
- izračunali smo povprečni *SOI* vseh enot v posamezni skupini (na sliki 5.2 označen s *SOI*),
- narisali smo urejene pare zadnjih dveh izračunov za vse skupine,
- s pomočjo glajenja smo narisali še krivuljo, ki se urejenim parom najbolj prilaga.

Krivulje prilaganja točkam pri vseh športih na sliki 5.2 so padajoče. Najstrmeje pada *SOI* v odvisnosti od povprečnega ranga pri tenisu (v obeh kategorijah) in pri šahu. V teh treh primerih se krivulje, dobljene z glajenjem, točkam tudi zelo dobro prilagajo. Najpoložnejši sta krivulji v obeh konkurencah namiznega tenisa, kjer je opazno

Slika 5.2: Porazdelitev *SOI* po kakovosti in posameznih panogah



največje odstopanje točk od krivulje. Osamelce, ki so najbolj oddaljeni od krivulje prileganja, pri vseh športih najdemo v razredu igralcev z najvišjim povprečnim petim centilom vseh uvrstitev na jakostnih lestvicah (torej pri najboljših igralcih na jakostnih

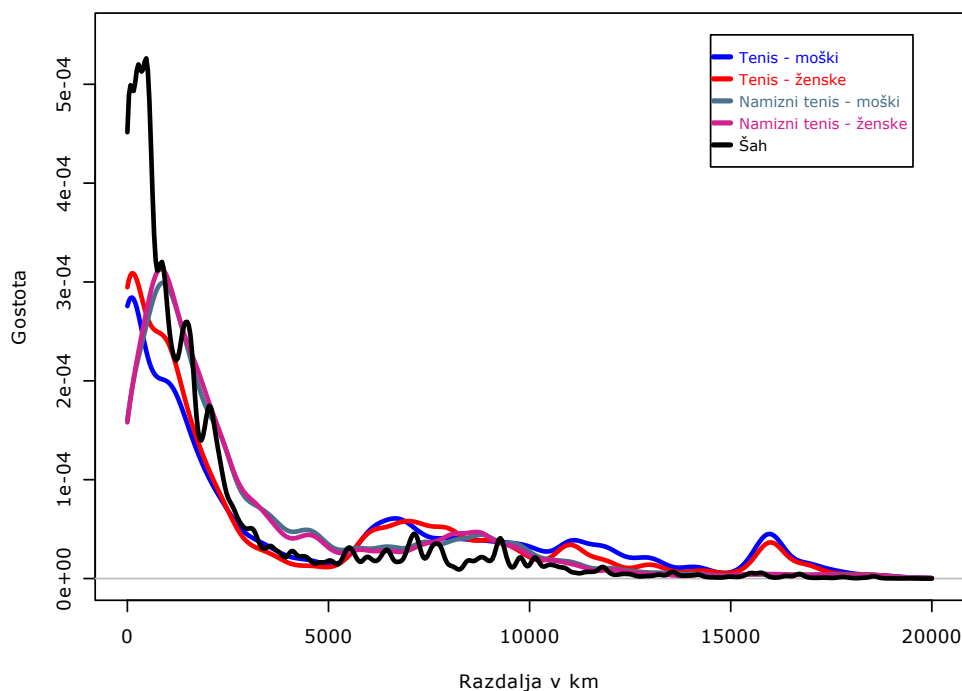


lestvicah v opazovanem obdobju). Ta rezultat potrjuje hipotezo, da najboljši igralci na svetu igrajo le v relativno ozkem krogu nasprotnikov. Med sabo odigrajo mnogo več dvobojev kot proti slabšim nasprotnikom. *SOI* najboljše skupine pri tenisu in najboljše skupine pri namiznem tenisu so med sabo zelo podobni tako v moški kot v ženski kategoriji (vsi so med 0,5 in 0,6), pri šahu je *SOI* najboljše skupine nekoliko nižji (malo pod 0,3). Razlog je v številu igralcev v naši bazi, ki je pri šahu precej večje kot pri tenisu in namiznem tenisu. Posledično so *SOI* posameznih skupin pri šahu (tudi *SOI* najmočnejše skupine) izračunani na večjem številu šahistov, kot je to pri tenisu in namiznem tenisu.

Zanimalo nas je tudi, kako razdalja med prebivališčema dveh nasprotnikov vpliva na število odigranih dvobojev. Ker ni podatkov o stalnem prebivališču za vsakega športnika posebej, smo si pomagali na naslednji način. Najprej smo za vsa glavna mesta držav, iz katerih prihajajo športniki v naši bazi, poiskali geografske koordinate. Nato smo pri vsakem dvoboju s pomočjo paketa *Geosphere* v statističnem okolju *R* z izračunom razdalje velikega kroga (Hijmans, 2011) določili razdaljo med glavnima mestoma držav, iz katerih prihajata nasprotnika. Na sliki 5.3 so prikazane porazdelitve teh razdalj po športnih panogah posameznikov. Pri šahu je kar 77,14 % partij odigranih med šahisti iz iste države (izračunana razdalja je tako enaka 0), kar je po svoje razumljivo, saj v šahovskem omrežju iger nastopajo vsi šahisti in ne le profesionalci kot pri tenisu in namiznem tenisu. Pri predstavitvi gostote porazdelitve razdalj na sliki 5.3 smo zaradi preglednosti pri šahu prikazali le razdalje, ki so večje od 0.

Porazdelitve po športih na sliki 5.3 so si zelo podobne. V vseh posamičnih športih je največ dvobojev odigranih med nasprotniki, katerih stalna prebivališča so relativno blizu. Poleg že omenjenega šaha to še posebej velja za tenis (v moški in ženski kategoriji). Po drugi strani pa je pri tenisu mogoče zaznati nekaj več dvobojev, ko so razdalje med glavnima mestoma držav, iz katerih prihajata nasprotnika, tudi nad 5000 kilometrov. Da bi pokazali geografsko povezanost s kakovostjo odigranih dvobojev, smo na sliki 5.4 prikazali gostoti porazdelitev razdalj pri tenisu glede na vrsto turnirja. Pri namiznem tenisu in šahu to zaradi narave podatkov ni bilo mogoče (turnirji v naši bazi niso razporejeni po kakovosti).

Slika 5.3: Gostota porazdelitve razdalj med glavnima mestoma držav, iz katerih prihajata nasprotnika, po športnih panogah posameznikov

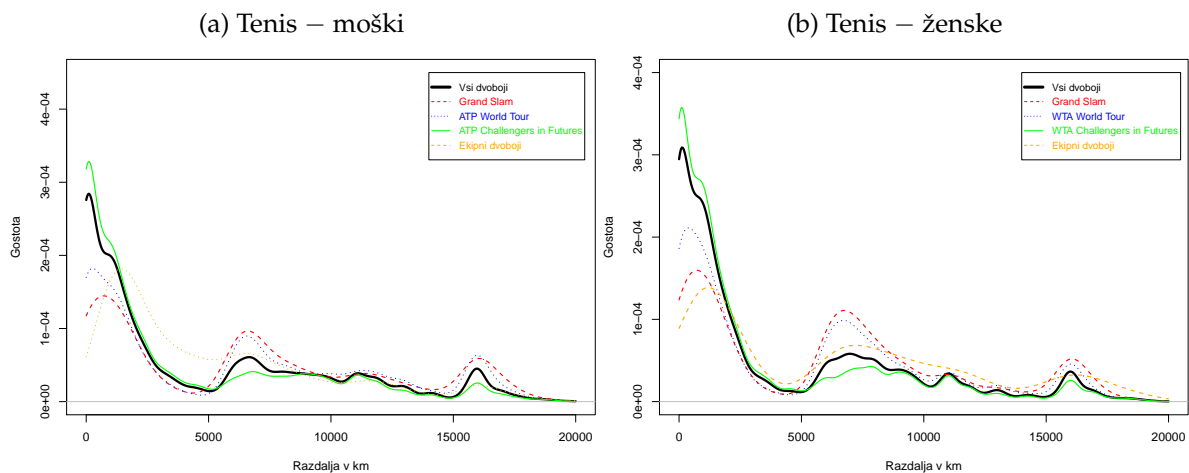


Glede na kakovost smo teniške turnirje razdelili v štiri skupine. Najpomembnejši in posledično z najkakovostnejšo igralno zasedbo so turnirji Grand Slam. Sledijo turnirji serije ATP Tour (pri moških) in WTA Tour (pri ženskah). Najmanj kakovostni v smislu udeležbe kakovostnih teniških igralcev in igralk so turnirji ATP in WTA Challengers in Futures. Zadnji tip predstavljajo ekipni turnirji.

Pri tenisu ni večjih razlik med spoloma pri porazdelitvi gostote razdalj po tipih turnirjev. V obeh konkurencah porazdelitev gostote razdalj turnirjev Challengers in Futures sledi porazdelitvi vseh odigranih dvobojev. Če izvzamemo ekipne turnirje, na katerih zaradi jasnega razloga igralci iz istih držav ne igrajo veliko med sabo, se od ostalih tipov turnirjev najbolj razlikujejo Grand Slami. Porazdelitev gostote razdalj na Grand Slamih ima tri zelo jasne vrhove. Prvi, pri relativno nizkih razdaljah (pod 1000 kilometrov), predstavlja dvoboje, igrane večinoma med teniški igralci/igralkami iz sosednjih držav. Drugi vrh se pojavi pri približno 6000 kilometrih, kar ustreza razdaljam med ameriškimi in evropskimi državami. Tretji vrh je pri približno 16000 kilometrih in je posledica dvobojev evropskih in ameriških igralcev/igralk z avstralskimi nasprotniki. Zelo podobno se obnaša tudi porazdelitev gostote razdalj na turnirjih

ATP/WTA Tour, ki so po kakovosti takoj za Grand Slami. Slika 5.4 močno podpira hipotezo o obratno sorazmerni povezanosti geografske bližine in jakosti igralcev pri tenisu.

Slika 5.4: Gostota porazdelitve razdalj med glavnima mestoma držav, iz katerih prihajata nasprotnika, glede na vrsto turnirja

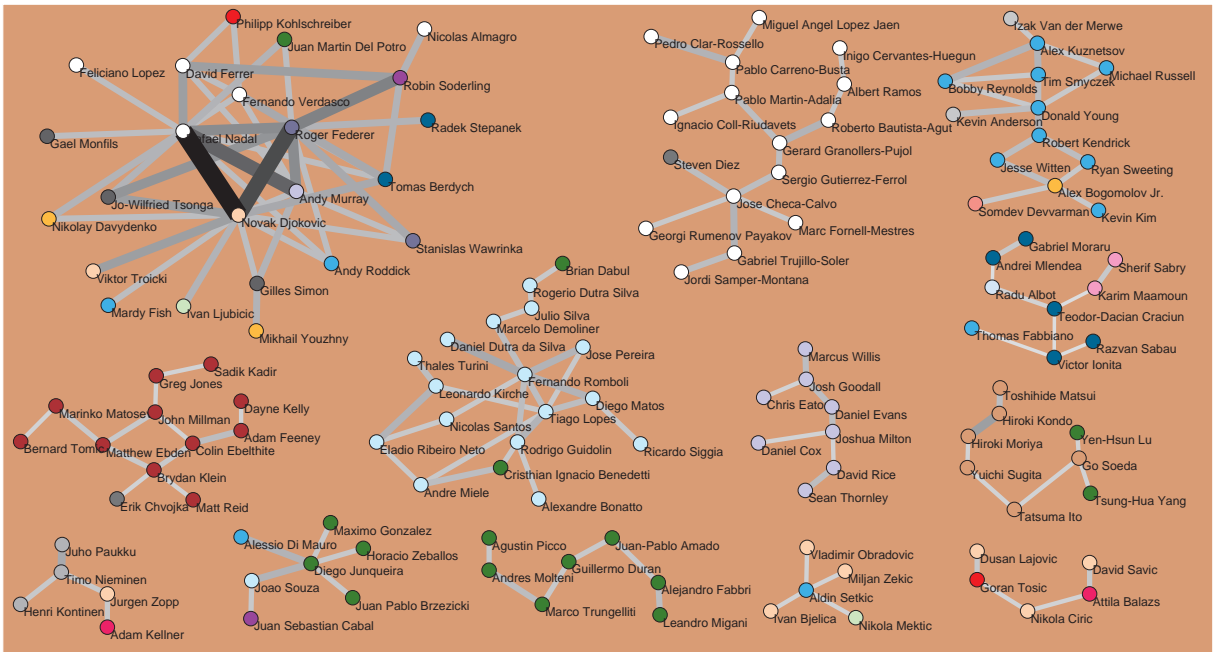


Analizo bomo nadaljevali s postopki iskanja kohezivnih podskupin v uteženih neusmerjenih omrežjih športnih iger posameznikov. Uporabljali bomo metodo iskanja S-sredic in postopek iskanja povezavnih otokov v omrežju (glej podpoglavje 3.2). V moškem teniškem omrežju iger je najvišja S-sredica stopnje 91, pri ženskah najvišja stopnja znaša 81. Odločili smo se, da bomo pri moških v omrežju obdržali le tiste igralce, ki so v S-sredicah stopnje 70 ali več. Pri ženskah smo to mejo zaradi nižje stopnje najvišje S-sredice v omrežju znižali na vrednost 60. Tako so v dobljenem podomrežju ostali le teniški igralci, ki so proti vsem ostalim igralcem v tem podomrežju odigrali skupaj najmanj 70 dvobojev (oziroma najmanj 60 dvobojev pri teniških igralkah). V obeh podomrežjih smo poiskali povezavne otoke velikosti od 5 do 30 igralcev/igralk. Pri moških smo dobili 13 otokov (slika 5.5a) in pri ženskah 9 otokov (slika 5.5b). Na slikah barva točke predstavlja državo, iz katere prihaja igralec, ki ga točka predstavlja.

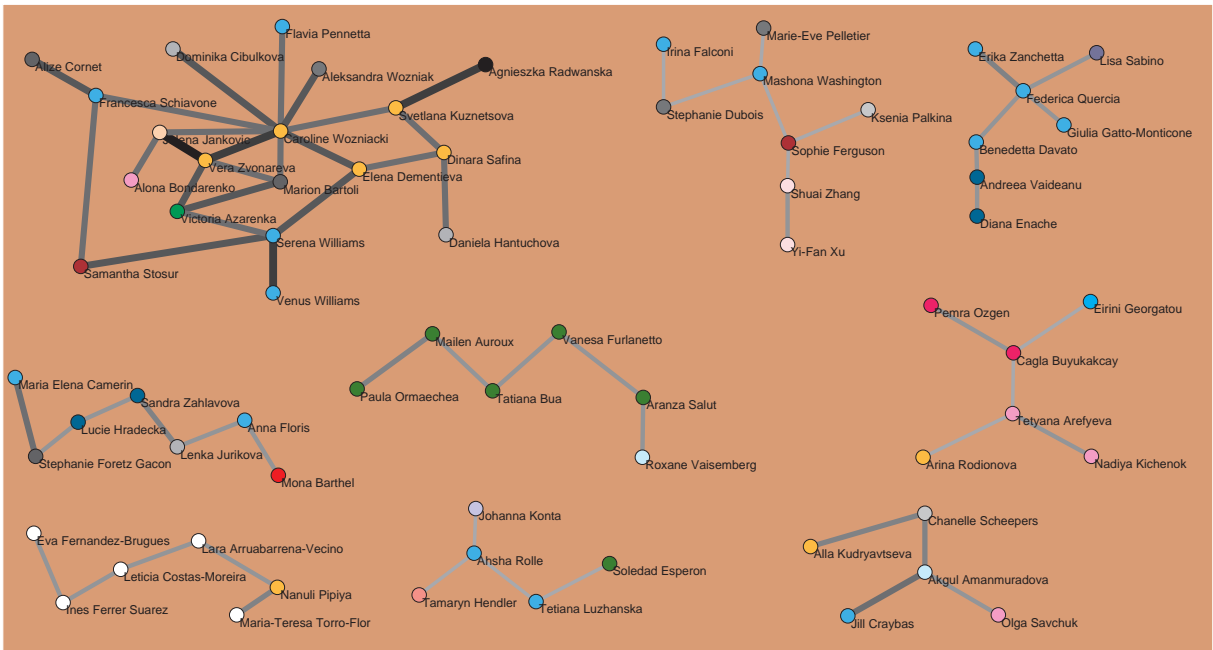
Večina otokov iz moškega omrežja je glede na države, iz katerih prihajajo igralci, homogenih. Vendar to ne velja za največji otok v tem omrežju, ki ga najdemo v levem

## Slika 5.5: Otoki na S-sredicah teniških omrežij iger

(a) Moški – S-sredica stopnje 70



(b) Ženske – S-sredica stopnje 60



zgornjem kotu slike 5.5a. Gre za najboljše teniške igralce med letoma 2008 in 2011, in sicer pet Špancev, tri Francoze, po dva Američana, Čeha, Rusa, Srba in Švicarja ter po enega Argentinca, Hrvata, Nemca, Škota in Šveda. Njihovo kakovost lahko potrdimo

z uvrstitvami na jakostnih lestvicah v opazovanem obdobju. Prav vsi, razen Nemca Phillipa Kohlschreiberja (najvišje je zasedal 16. mesto), so se v tem času vsaj enkrat nahajali med desetimi najboljšimi na svetu. Na prvem mestu svetovne teniške jakostne lestvice ATP so se med letoma 2008 in 2011 znašli le trije teniški igralci: Švicar Roger Federer, Španec Rafael Nadal in Srb Novak Djoković. Ti so na sliki 5.5a najmočnejše povezani, saj so med sabo odigrali največ dvobojev. Osvojili so prav vse turnirje Grand Slam v opazovanem obdobju razen Odprtega prvenstva Združenih držav Amerike leta 2009, ki je pripadlo Argentincu Juan Martinu del Potru (tudi on je del tega otoka).

Ostali otoki v moškem omrežju so enoličnejši. Podrobnejši pregled nacionalne pripadnosti igralcev s slike 5.5a nam po otokih (od leve proti desni ter od zgoraj navzdol) razkrije:

- 15 Špancev od 16-ih igralcev,
- 9 Američanov od 13-ih igralcev,
- 5 Romunov od 9-ih igralcev,
- 11 Avstralcev od 12-ih igralcev,
- 16 Brazilcev od 18-ih igralcev,
- vseh 8 igralcev iz Velike Britanije,
- 6 Japoncev od 8-ih igralcev,
- 3 Finci od 5-ih igralcev,
- 4 Argentinci od 7-ih igralcev,
- vseh 7 igralcev iz Argentine,
- 3 Srbi od 5-ih igralcev,
- 3 Srbi od 5-ih igralcev.

Na vseh otokih razen na omenjenem otoku najboljših več kot polovica teniških igralcev prihaja iz iste države. Opazimo tudi, da nobeden od igralcev na preostalih otokih ne spada v sam svetovni vrh. Vse napisano potrjuje hipotezi, da po jakosti primerljivi igralci, posebej še najboljši na svetu, odigrajo med sabo več dvobojev kot z ostalimi nasprotniki in da je v omrežjih odigranih iger prisotna geografska povezanost igralcev.

Podobno ugotovimo pri ženskih profesionalnih teniških igralkah. Kljub vsemu je med obema omrežjema kar nekaj razlik. Pri moških smo omenili dominanco treh igral-

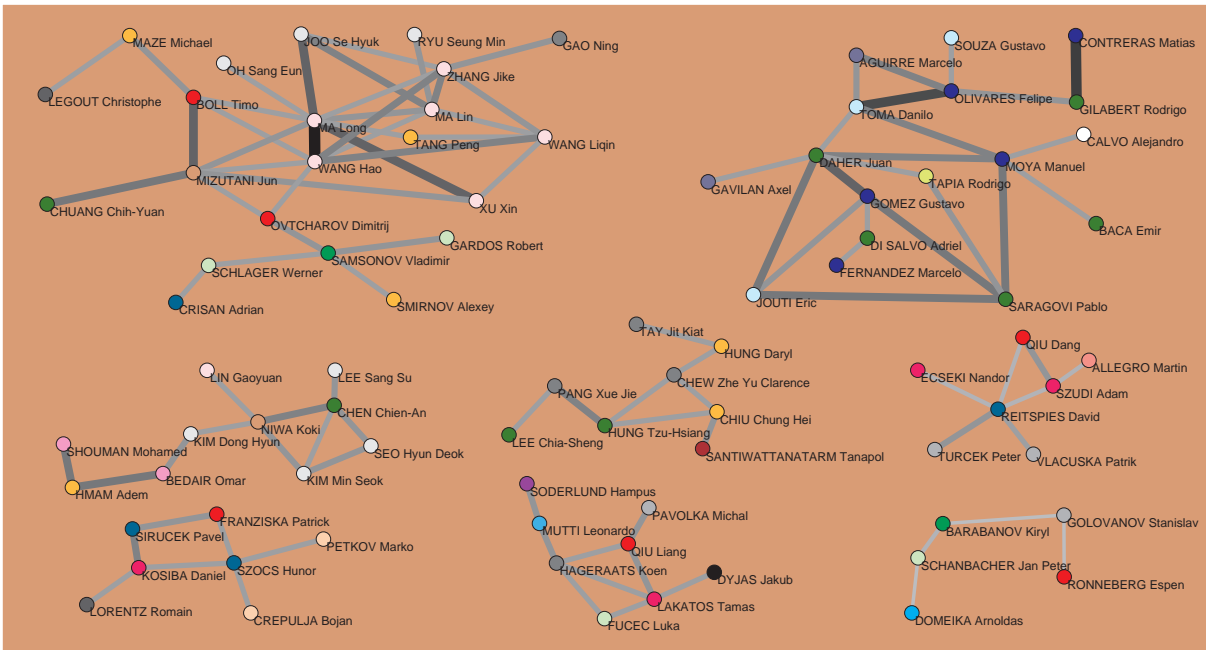
cev – le štirje igralci so osvojili zadnjih 16 Grand Slamov, a pri ženskah je stanje drugačno. Deset različnih igralk je zmagovalo na turnirjih Grand Slam v letih od 2008 do 2011. Največ jih je osvojila Američanka Serena Williams (dvakrat Wimbledon, dvakrat Odprto prvenstvo Avstralije in enkrat Odprto prvenstvo Združenih držav Amerike). Na največjem otoku ženskih teniških igralk (slika 5.5b) poleg dveh Američank (sester Williams) najdemo še štiri Rusinje, po dve Italijanki, Francozinji in Slovakinja ter po eno Avstralko, Belorusinjo, Danko, Poljakinjo, Srbkinjo in Ukrajinko. Podobno kot v moški konkurenci je tudi pri ženskah večina ostalih otokov dokaj nacionalno enovitih.

Pri namiznem tenisu smo najprej v obeh konkurencah izluščili podomrežje, v katerem so vsi igralci/igralkke proti nasprotnikom v podomrežju odigrali najmanj 50 dvobojev. Nato smo podobno kot pri tenisu poiskali povezavne otoke velikosti med 5 in 30 igralcev. Rezultat je predstavljen na sliki 5.6.

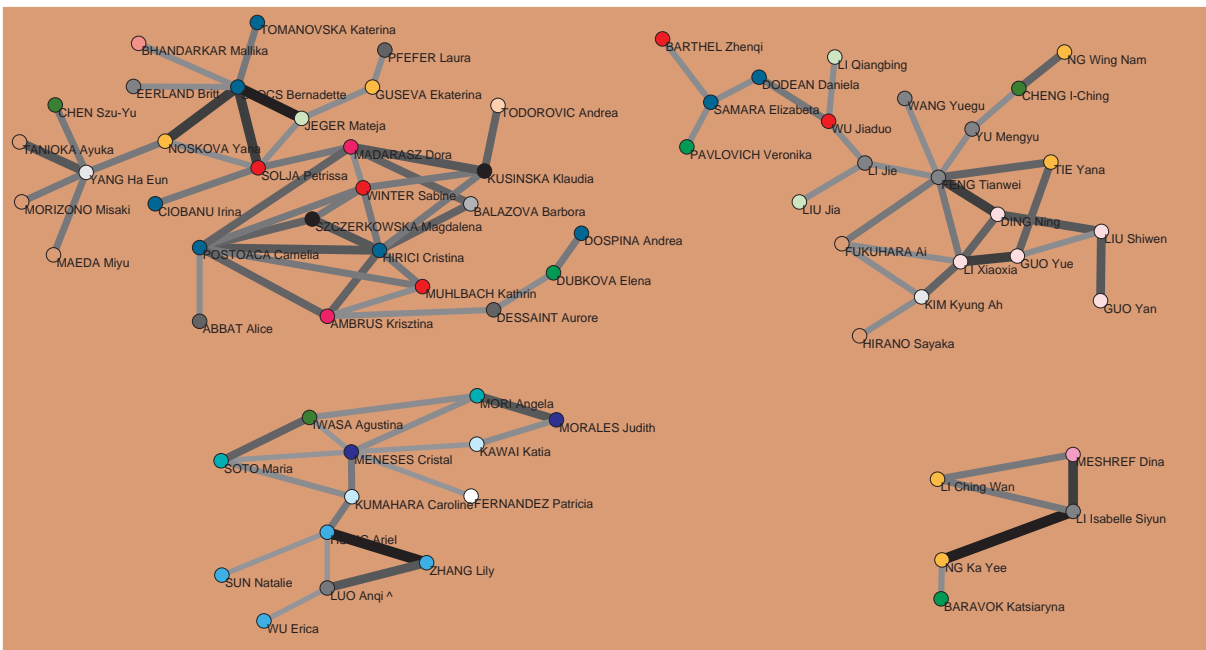
Pri moških je nastalo osem otokov, največja sta predstavljena v zgornjem delu slike 5.6a. Otok najboljših (levo zgoraj na sliki 5.6a) potrjuje dominacijo azijskih in evropskih namiznoteniških igralcev. Največ dvobojev sta med sabo odigrala Kitajca Ma Long in Wang Hao, ki sta tudi najboljša posameznika v analiziranem obdobju. Na koncu leta 2011 sta se nahajala na prvih dveh mestih moške jakostne lestvice ITTF. Tesno jima sledita rojaka, mladi Zhang Jike in izkušenejši Ma Lin, ki sta prav tako člana omenjenega otoka, na katerem se nahaja kar trinajst azijskih igralcev. Šest je predstavnikov Kitajske, trije so iz Republike Koreje in po eden iz Hong Konga, Japonske, Singapurja ter Tajvana. Najvišje uvrščeni neazijski igralec ob koncu leta 2011 je bil Nemeč Timo Boll, ki je na moški svetovni namiznoteniški jakostni lestvici zasedal četrto mesto. Je edini neazijski igralec, ki je bil vsaj enkrat v analiziranem obdobju na prvem mestu jakostne lestvice. Poleg njega na otoku od neazijskih igralcev najdemo še enega Nemca, Dimitrija Ovcharova, dva Avstrijca ter po enega predstavnika Belorusije, Danske, Francije, Romunije in Rusije. Drugi največji otok v moški namiznoteniški konkurenci sestavljajo skoraj izključno igralci iz Južne Amerike, med njimi je le en Evropejec, Španec Alejandro Calvo. To niso vrhunski namiznoteniški igralci, saj nihče izmed njih še nikoli ni zasedal mesta med najboljšimi dvestotimi na svetu. Glede na državno pripadnost drugi otok sestavlja po pet Argentinec in Čilencev, trije Brazilci, dva Paragvajca ter Ekvadorec. Ostalih šest manjših otokov je nacionalno precej pestrih, dva sodita v Azijo,

Slika 5.6: Otoki na S-sredicah namiznoteniških omrežij iger

(a) Moški – S-sredica stopnje 50



(b) Ženske – S-sredica stopnje 50



štirje pa v Evropo. Tudi tu ne gre za vrhunske igralce namiznega tenisa. Otoki so (razen največjega) zelo homogeni glede na pripadnost celinam.

Istim kriterijem povezavnih otokov pri ženskah ustrezajo le štirje otoki, predstavljeni

na sliki 5.6b. Po jakosti najmočnejše namiznoteniške igralke se nahajajo na otoku desno zgoraj, kjer najdemo kar deset najboljših na jakostni lestvici na koncu leta 2011. Na prva štiri mesta so razvrščene Kitajke: Ding Ning, Li Xiaoxia, Liu Shiwen in Guo Yan. Na tem otoku najdemo še eno Kitajko, ki je med deseterico najboljših, Gou Yue, in še nekaj Azijk: tri igralke iz Singapurja, po dve iz Hong Konga in Japonske ter po ena Korejka in Tajvanka. Podobno kot pri moških so v družbi Azijk le Evropejke – po dve Avstrijki, Nemki in Romunki ter po ena Belorusinja in Nizozemka. Podrobnejša analiza razkrije, da le tri predstavnice Evrope ne izhajajo iz Azije: Belorusinja Veronika Pavlovich ter Romunki Elizabeta Samara in Daniela Dodean. Največji otok (na sliki 5.6b je levo zgoraj) je sestavljen pretežno iz dokaj povprečnih evropskih igralk namiznega tenisa. Rusinja Yana Noskova jih prek Korejke Yang Ha Eun povezuje s petimi azijskimi igralkami. Ostala dva otoka v spodnjem delu slike 5.6b sta manjša. Levega tvorijo pretežno igralke iz Združenih držav Amerike in Brazilije ter desnega predvsem azijske predstavnice (igralke iz Singapurja, Hong Konga, a tudi ena Belorusinja in celo Egipčanka).

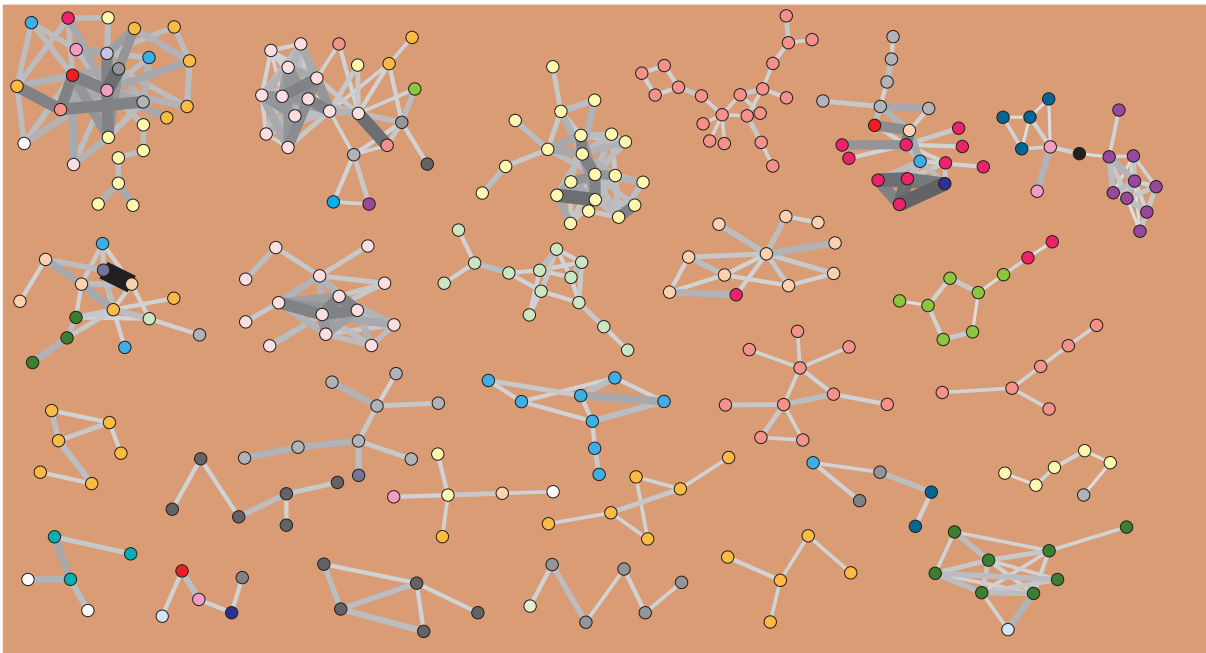
Najvišja stopnja sredic v šahovskem omrežju iger znaša 86. Iz tega omrežja smo najprej izbrisali vse sredice, katerih stopnja je nižja od 80. V dobljenem podomrežju je ostalo 731 igralcev in igralk, ki so med letoma 2008 in 2011 med sabo odigrali vsaj 80 partij. Analizo smo nadaljevali z metodo iskanja povezavnih otokov, ki so velikosti med 5 in 30 igralcev. Zaradi preglednosti je 27 otokov, ki ustrezajo iskalnim kriterijem, prikazanih na sliki 5.7a brez imen. Točke, ki predstavljajo igralce, so pobarvane glede na državo, ki jo igralec zastopa. Otok najmočnejših šahistov in otok najmočnejših šahistk, ki sta na sliki 5.7a v desnem zgornjem kotu, sta prikazana posebej na slikah 5.7b in 5.7c, kjer smo točkam dodali še imena šahistov oziroma šahistk.

Podobno kot pri obeh teniških omrežjih iger lahko tudi za šahovsko ugotovimo, da je večina otokov v nacionalnem smislu homogenih. Ponovno pa to ne velja za otoka najboljših šahovskih igralcev in igralk, kjer je pri obeh zaznati veliko nacionalno raznolikost. Slika 5.7b prikazuje vse najpomembnejše moške igralce šahovskega sveta med letoma 2008 in 2011. Na vrhu šahovske jakostne lestvice FIDE sta bila v analiziranem obdobju le dva šahista, to sta Bolgar Veselin Topalov in Norvežan Magnus Carlsen. Igralci na otoku najboljših šahistov prihajajo iz naslednjih držav: po šest s Kube in

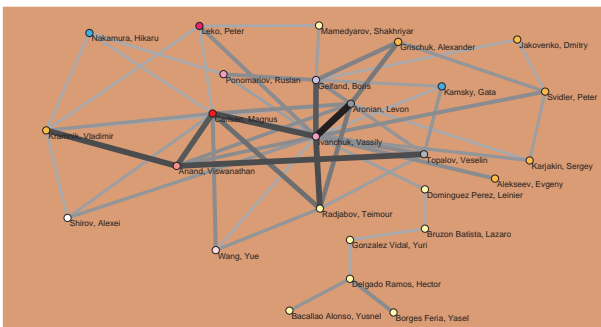


Slika 5.7: Povezavni otoki šahovskega omrežja iger na S-sredicah stopenj višjih ali enakih 80

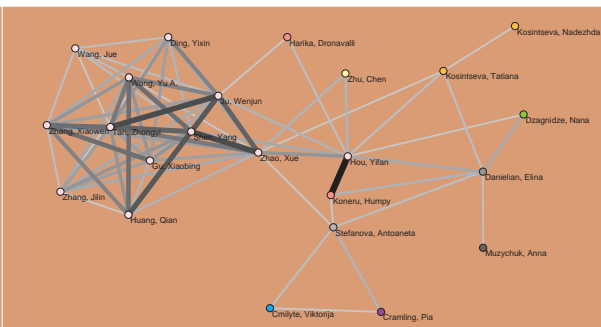
(a) Vsi otoki



(b) Otok najmočnejših šahistov



(c) Otok najmočnejših šahistk



iz Rusije, po dva iz Azerbajdžana, Ukrajine in Združenih držav Amerike ter po eden iz Armenije, Bolgarije, Indije, Izraela, Kitajske, Latvije, Madžarske in Norveške. Najbolj presenetljivo je, da je v tej skupini šest kubanskih šahistov. Mesto med najboljšimi sta si glede na izmerjeno jakost prislužila le dva Kubanca: Lenier Dominguez Perez in Lazaro Bruzon Batista. Ker pa je Kuba še vedno razmeroma zaprta država, sta omenjena odlična kubanski šahista veliko igrala tudi s svojimi precej slabšimi rojaki, kar je razlog za njihovo prisotnost na tem otoku. Vsi igralci na tem otoku, razen štirih Kubancev, spadajo v skupino elitnih velemojstrov s šahovsko jakostjo krepko

nad 2700 točk Elo. Največ partij sta med sabo odigrala Ukrajinec Vasilij Ivanchuk in Armenec Levon Aronian. Pri ženskah sta bili najaktivnejši trenutna svetovna šahovska prvakinja Kitajka Hou Yifan in Indijka Koneru Humpy. Na otoku najboljših svetovnih šahistk najdemo kar dvanajst Kitajk, po dve Indijki in Rusinji ter po eno Katarko (naturalizirano Kitajko Zhu Chen), Armenko, Bolgarko, Gruzijko, Litovko, Švedinjo in celo Slovenko. Našo državo v tej res visoki družbi zastopa v Ukrajini rojena Anna Muzychuk. Ta otok potrjuje trenutno dominacijo kitajskih šahistk.

## 5.2 Analiza omrežij iger v ekipnih športnih panogah

V vseh treh omrežjih iger ekipnih športov so akterji določeni z reprezentancami posameznih držav, ki so v opazovanem obdobju, med letoma 1946 in 2011, odigrale vsaj en dvoboj. Relacija je podobno kot pri športnih panogah posameznikov definirana z *je igral proti*. Tako za vsak dvoboj, ki sta ga med sabo odigrali reprezentanci, obstaja neusmerjena povezava na grafu med točkama, ki predstavljata ti reprezentanci. Dobljena omrežja iger so neusmerjena in neutežena. Stopnja točke v teh omrežjih predstavlja število odigranih iger v opazovanem obdobju.

Največ akterjev je v nogometnem omrežju iger, in sicer 225 nogometnih reprezentanc. V opazovanem obdobju so odigrale 29720 srečanj. Pri košarki je 127 nacionalnih ekip odigralo 5061 tekem in pri rokometu 75 reprezentanc 2765 tekem.

Po številu odigranih srečanj med nogometnimi reprezentancami v obdobju med letoma 1946 in 2011 najdemo na vrhu ekipi Republike Koreje in Brazilije z 801-im odigranim dvobojem oziroma s 781-imi. Več kot 650 srečanj so odigrale še Mehika (708) ter po dve evropski reprezentanci (Švedska (679) in Anglija (673)) in azijski reprezentanci (Tajska (669) in Malezija (658)). Sledijo južnoameriške in evropske reprezentance (po padajočem vrstnem redu števila odigranih srečanj): Argentina, Poljska, Urugvaj, Čile, Danska, Francija, Norveška, Paragvaj in Italija. Največ košarkarskih tekem so odigrale evropske reprezentance. 411 dvobojev je odigrala Italija, več kot 300 tekem so odigrale še reprezentance Francije (397), Španije (383) ter dveh razpadlih držav, Jugoslavije (366) in Sovjetske zveze (323). Pri rokometu je po številu srečanj na vrhu Švedska (328 dvobojev), sledi pa kar deset evropskih reprezentanc: Španija, Danska,

Madžarska, Nemčija, Islandija, Rusija, Hrvaška, Jugoslavija, Poljska in Romunija. Šele nato najdemo neevropsko državo, in sicer Egipt, z največ odigranimi srečanji (154).

Če združimo večkratne povezave med istima točkama v eno povezavo, ki jo utežimo s številom pravkar izbranih večkratnih povezav, omrežja iger postanejo utežena. Utež na posamezni povezavi predstavlja število odigranih srečanj med dvema reprezentancama. Ker je bilo največ odigranih dvobojev pri nogometu, je pri tem športu mnogo tradicionalnih dvobojev med pari reprezentanc. Pari reprezentanc, ki so v opazovanem obdobju med sabo odigrale 60 ali več srečanj, so prikazani v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Največje število nogometnih dvobojev med dvema reprezentancama

Reprezentanci		Število medsebojnih dvobojev
Malezija	Tajska	85
Čile	Peru	67
Japonska	Republika Koreja	67
Indonezija	Malezija	66
Argentina	Brazilija	65
Belgija	Nizozemska	64
Brazilija	Paragvaj	64
Bolivija	Paragvaj	61
Malavi	Zimbabve	61
Danska	Švedska	60

Pri analizi parov reprezentanc v tabeli 5.3 opazimo precejšnjo geografsko povezanost. Razen para Malavi–Zimbabve so reprezentance v vseh ostalih parih geografske sosedice. Tudi državi Malavi in Zimbabve nista zelo oddaljeni, vmes leži le del afriške države Mozambik. Zanimivo je, da je bilo veliko nogometnih srečanj odigranih med azijskimi reprezentancami, čeprav le-te po kakovosti nikoli niso sodile v svetovni nogometni vrh.

Košarka je zelo priljubljena na prostoru nekdanje Jugoslavije. Očitno je bilo tako že pred razpadom te države, saj glede števila odigranih dvobojev proti istim reprezentancam na vrhu najdemo prav Jugoslavijo, ki je odigrala 34 košarkarskih dvobojev proti nekdanji Sovjetski zvezi, 33 dvobojev proti Italiji in 25 dvobojev proti Španiji, ki je odigrala 25 dvobojev še proti Franciji. Pri rokometu sta se največ srečevali reprezentanci Nemčije in Francije (27), zadnja je odigrala 25 dvobojev tudi proti Španiji. Prav tako je bilo po 25 rokometnih tekem odigranih med Španijo in Švedsko ter med Švedsko in Dansko.

Stopnja točke v uteženem omrežju predstavlja število različnih nasprotnikov, s katerimi so se reprezentance merile v opazovanem obdobju. Proti največ nasprotnikom je igrala nogometna reprezentanca Republike Koreje (proti 111 različnim), sledita košarkarska reprezentanca Francije (70) in rokometna reprezentanca Španije (47). Za dodatno primerjavo med ekipnimi športi lahko v tabeli 5.4 pogledamo, koliko tekem in proti koliko različnim nasprotnikom so odigrale reprezentance z največ srečanji in največ različnimi nasprotniki v posameznem športu.

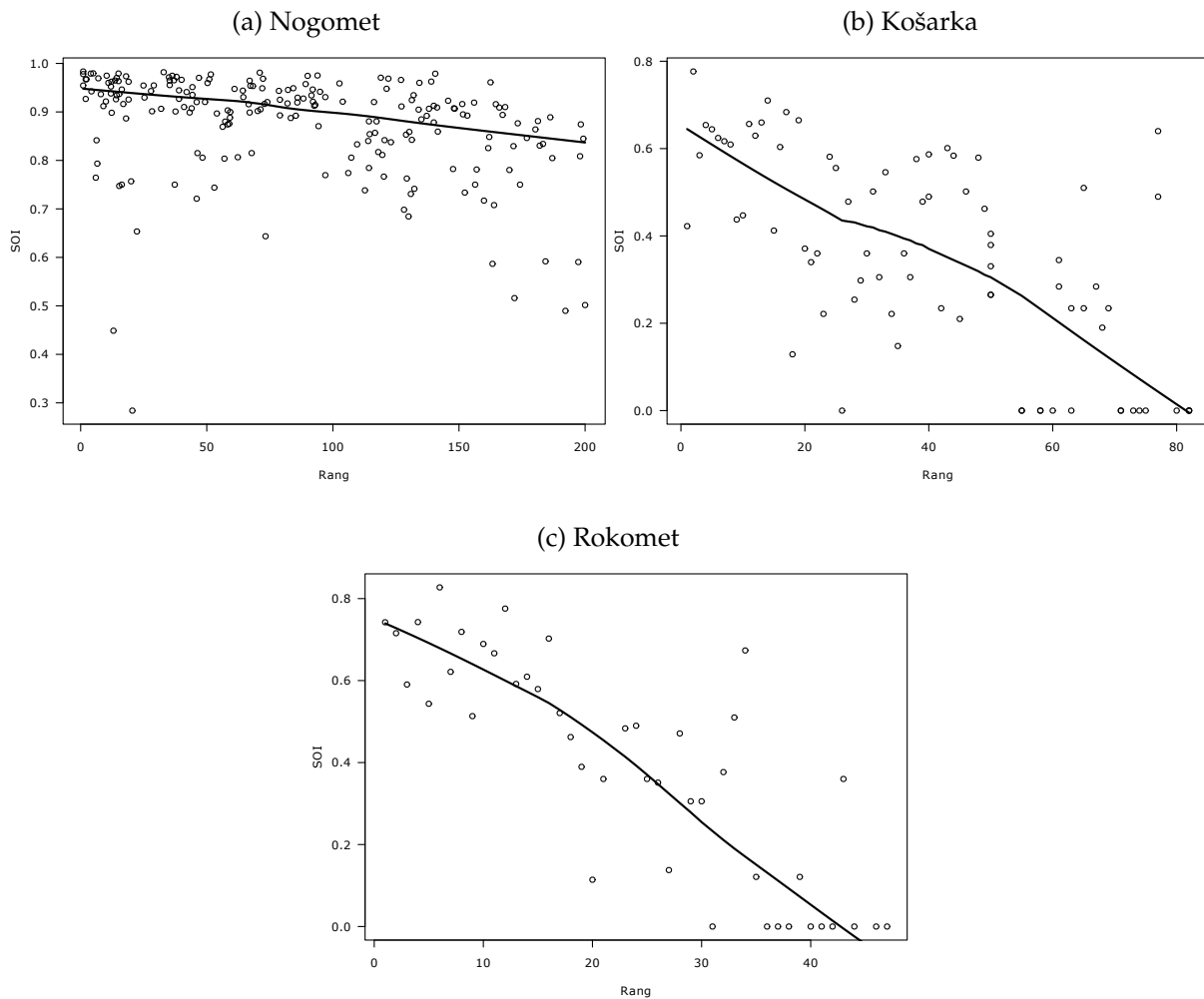
Tabela 5.4: Največje število odigranih dvobojev in največje število različnih nasprotnikov med letoma 1946 in 2011 v ekipnih športih

Šport	Največ odigranih iger		Največ nasprotnikov	
	Reprezentanca	Število	Reprezentanca	Število
Nogomet	Republika Koreja	801	Republika Koreja	111
Košarka	Italija	421	Francija	70
Rokomet	Švedska	328	Španija	47

Podobno kot pri športnih panogah posameznikov (slika 5.2) smo tudi pri ekipnih športih določili porazdelitev *SOI*. Pri nogometu smo jakost posamezne ekipe določili s petim centilom vseh uvrstitev na razpoložljivih nogometnih jakostnih lestvicah v opazovanem obdobju. Jakostne lestvice reprezentanc pri košarki in rokometu niso objavljane tako pogosto kot pri nogometu, zato smo uporabili uvrstitve ekip na jakostni

lestvici na zadnji dan leta 2011. Za lažjo predstavo smo urejenim parom (jakost reprezentance oziroma rang in *SOI*) z glajenjem dodali krivuljo, ki se podatkom najbolj prilaga.

Slika 5.8: Porazdelitev indeksa istih nasprotnikov po kakovosti in posameznih panogah



Vse tri krivulje na sliki 5.8 so padajoče, vendar je med njimi moč opaziti posamezne razlike. Med krivuljami, ki predstavljajo *SOI* ekipnih športov, najmanj strmo pada tista pri nogometu (slika 5.8a). *SOI* se v tem primeru prične nekoliko pod 0,8 in nato počasi pada, a ne pod vrednost 0,7. To pomeni, da ekipe v reprezentančnem moškem nogometu veliko igrajo proti ozkemu krogu nasprotnikov. Pri košarki (slika 5.8b) se krivulja prične še višje kot pri nogometu, a nato hitreje pada. Košarkarski reprezentanci, ki sta trenutno najboljši na svetu, Združene države Amerike in Španija, imata

zelo visok *SOI* (USA – 0,96; ESP – 0,97). Krivulja se prične podobno visoko tudi pri rokometu, a nato še strmeje pade (slika 5.8c).

Za prikaz omrežja odigranih iger med nogometnimi reprezentancami na individualni ravni med letoma 1946 in 2011 smo uporabili matrični prikaz. To omrežje je neusmerjeno, vendar lahko neusmerjene povezave razumemo tudi kot usmerjene v obe smeri, in tako je začetna točka povezave enaka njeni končni točki. Posledično je matrika sosednosti, ki ponazarja neusmerjeno omrežje, vedno simetrična preko glavne diagonale.

Vsaka nogometna reprezentanca ima v predstavljeni matriki (slika 5.9b) svojo vrstico in svoj stolpec. Barva oznake vsake reprezentance nam pove, iz katere konfederacije ta prihaja. Za evropske nogometne reprezentance smo uporabili rdečo barvo, reprezentance Južne Amerike so pobarvane z vijolično, Srednje in Severne Amerike ter Karibov z zeleno barvo. Afriški predstavniki so označeni s črno, predstavniki Azije z oranžno in Oceanije s sivo barvo. Potemnjena celica v vrstici (stolpcu) pomeni, da je reprezentanca, ki je predstavljena s to vrstico (stolpcem), odigrala vsaj eno srečanje proti reprezentanci v stolpcu (vrstici). Temnejša kot je barva celice, več dvobojev sta reprezentanci odigrali med sabo. Na glavni diagonali ni potemnjenih celic, saj bi to pomenilo, da je reprezentanca igrala sama s sabo, kar seveda ni mogoče.

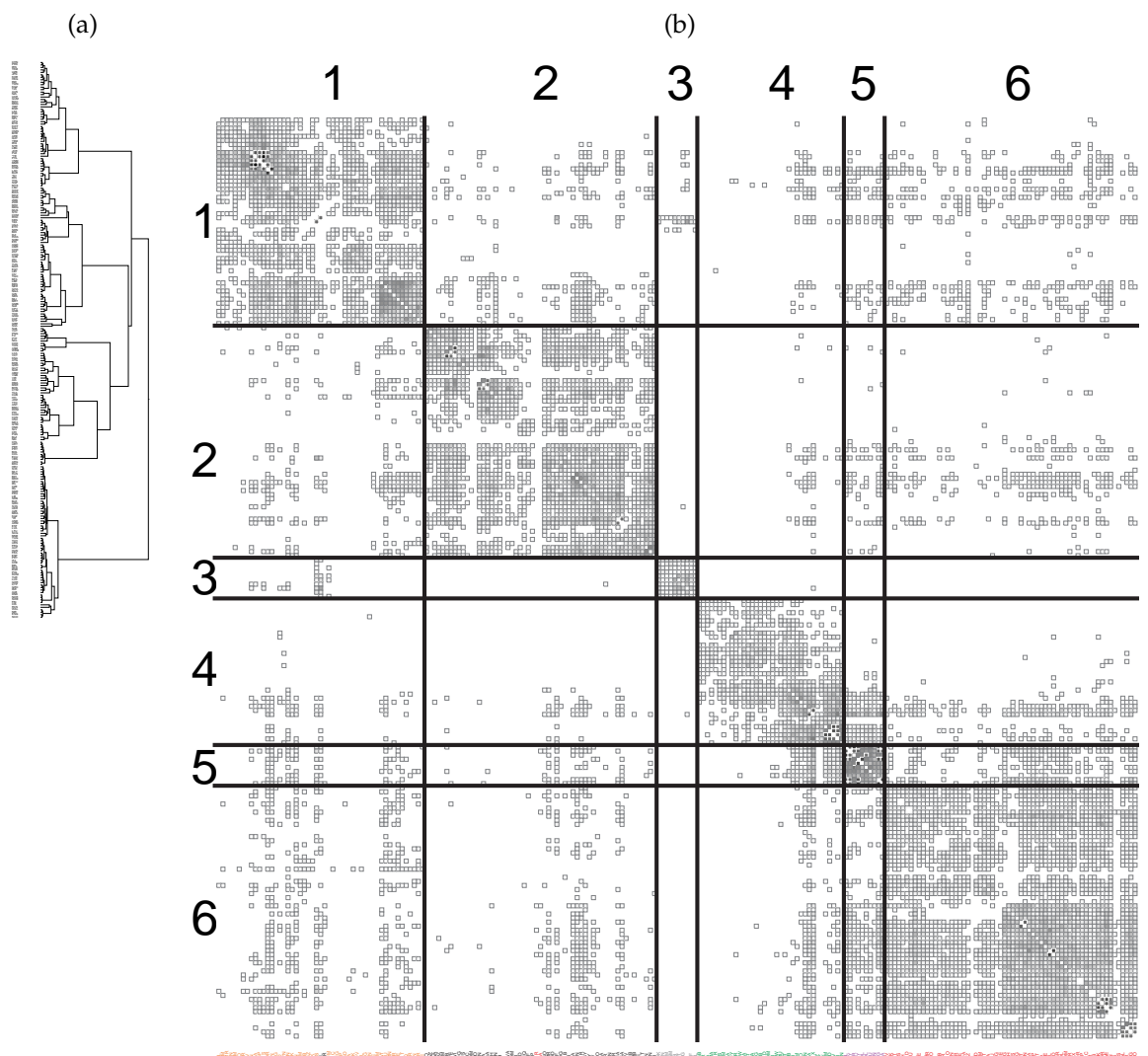
Nogometne reprezentance v matričnem prikazu na sliki 5.9b smo razvrstili v skupine s pomočjo Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine. Za izračun različnosti (ang. *dissimilarity*) smo uporabili normalizirano popravljeno evklidsko razdaljo (opisana je v podpoglavju 3.3). *Dendrogram* oziroma drevo razvrstitve je prikazan na sliki 5.9a. Glede na dendrogram smo nogometne reprezentance razvrstili v šest skupin, ki jih bomo podrobneje opisali v nadaljevanju.

Šest skupin, označenih na sliki 5.9b, skoraj natanko ustreza nogometnim konfederacijam, skupine so torej zelo homogene. Opis posameznih skupin bomo pričeli s šesto, ki vsebuje skoraj vse evropske reprezentance (UEFA). V grobem bi lahko to skupino razdelili na dva velika dela. Na spodnjega, kjer reprezentance veliko igrajo predvsem med sabo, proti zgornjemu delu šeste skupine in proti južnoameriškim ekipam

Slika 5.9: Prikaz omrežja odigranih nogometnih iger od leta 1946 do konca leta 2011

(a) Dendrogram Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine z normalizirano popravljenno evklidsko razdaljo

(b) Matrični prikaz



(skupina 5). V tem delu šeste skupine najdemo uspešnejše in bolj uveljavljene evropske reprezentance (Francija, Španija, Italija, Portugalska, Anglija itd.), medtem ko se v zgornjem delu nahajajo mlajše evropske države (nekdanje Jugoslavije in Sovjetske zveze) ter evropske ekipe slabše kakovosti (San Marino, Luksemburg, Lihtenštajn itd.). Znotraj spodnjega dela šeste skupine je moč zaznati nekaj podskupin, sestavljenih iz dveh ali več reprezentanc, ki so veliko igrale med sabo. Desno spodaj najdemo reprezentance z Otoka (Wales, Severno Irsko, Anglijo in Škotsko). Podobno skupino

štirih reprezentanc tvorijo skandinavske države (Danska, Norveška, Švedska in Finska). Veliko dvobojev sta med sabo odigrali tudi reprezentanci Belgije in Nizozemske ter reprezentanci Avstrije in Madžarske. V matričnem prikazu šeste skupine opazimo nekaj belih lis. Povzročajo jih reprezentance evropskih držav, ki bodisi niso dolgo obstajale (Skupnost neodvisnih držav, Srbija in Črna gora) ali pa so prenehale obstajati že pred nastankom mlajših evropskih držav (obe Nemčiji, Češkoslovaška, Jugoslavija, Sovjetska zveza).

V peti skupini so južnoameriške reprezentance (CSF), ki prav vse veliko igrajo med sabo in, kot smo že omenili, proti boljšim evropskim reprezentancam. Čutiti je tudi geografski vpliv, saj precej igrajo bodisi z bližjimi sosedi bodisi z boljšimi severno- in srednjeameriškimi ekipami, kot so Kostarika, Gvatemala, Jamajka, Salvador, Mehika in Združene države Amerike. Zanimivo je, da južnoameriške ekipe v opazovanem obdobju 66-ih let niso odigrale niti enega samega dvoboja proti reprezentancam iz tretje skupine (v njej je večina reprezentanc Oceanije).

Države, ki pripadajo konfederaciji CONCACAF, so v četrti skupini. Znotraj te sta se oblikovali vsaj dve močni podskupini. Prvo sestavljajo reprezentance Paname, Kostarike, Salvadorja, Hondurasa in Gvatemale. V drugi podskupini so Mehika, Združene države Amerike in Kanada. Obe igrata razen medsebojnih tekem predvsem z južnoameriškimi in boljšimi evropskimi nogometnimi reprezentancami.

Tretja skupina je sestavljena iz reprezentanc, ki spadajo v konfederacijo OFC. Te ekipe so slabše in razen med sabo igrajo le še proti posameznim azijskim ekipam. V to skupino bi geografsko gledano sodili tudi Avstralija in Nova Zelandija, vendar ju je Wardova metoda razvrščanja v skupine uvrstila med azijske ekipe v prvi skupini. Obe reprezentanci v konfederaciji OFC precej izstopata po kakovosti. Avstralija je leta 2006 že prestopila v azijsko (AFC) konfederacijo, morda ji bo kmalu sledila tudi Nova Zelandija.

V drugi skupini so reprezentance afriške konfederacije (CAF). Kot vidimo na sliki 5.9b, ta razpade na tri podskupine. V spodnji, večji so med ostalimi uspešnejše afriške reprezentance, Slonokoščena obala, Nigerija, Kamerun, Tunizija, Egipt in Maroko, ki igrajo proti evropskim, južnoameriškimi in azijskim ekipam. Mejo med to podskupino in



ostalima podskupinama na sliki 5.9 tvorita Velika Britanija in nekdanji francoski protektorat Saar, ki ju je Wardova metoda uvrstila v drugo skupino. Ostali dve podskupini sta bolj izolirani, prva je sestavljena iz južnoafriških ekip in druga iz vzhodnoafriških.

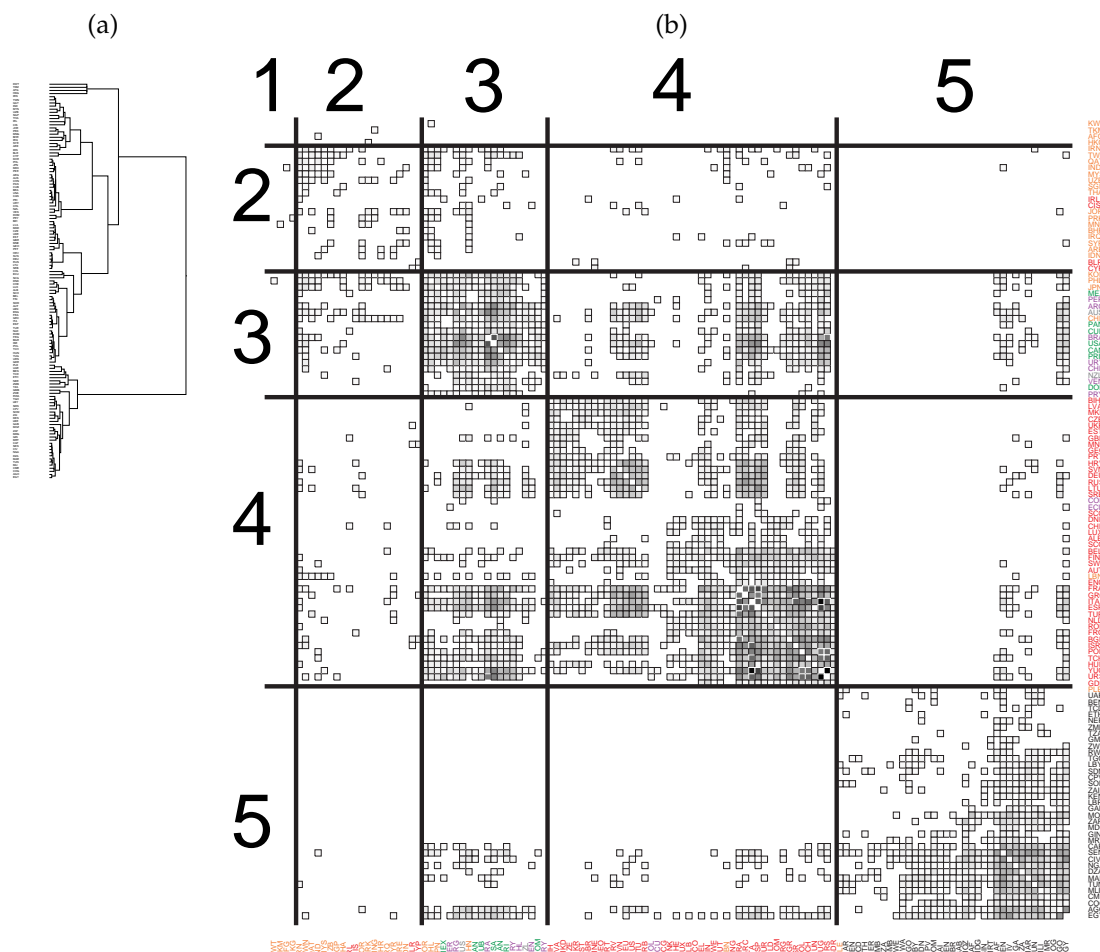
Azijske reprezentance se znotraj prve skupine delijo na manjše podskupine. V eni izmed njih najdemo reprezentance z Bližnjega vzhoda: Kuvajt, Saudovo Arabijo, Oman, Bahrajn, Katar in ostale. Najmočneje povezane v tej skupini so reprezentance Tajske, Singapurja, Malezije, Republike Koreje in Japonske. Azijska skupina reprezentanc je povezana z prav vsemi ostalimi skupinami. Opaznih je nekaj belih lis, ki so posledica uvrstitve Nove Zelandije v to skupino in tudi zelo malo odigranih nogometnih tekem bivše države Južni Jemen in države Butan.

Na podoben način smo pripravili matriki, ki prikazujeta igranje reprezentanc v opazovanem obdobju pri košarki (slika 5.10) in rokometu (slika 5.11). Pri obeh športih smo ekipe razdelili v pet skupin.

Pri košarki je vidno razhajanje po skupinah glede na celine, s katerih reprezentance prihajajo. Peta skupina vsebuje skoraj izključno afriške ekipe in se deli v vsaj dve podskupini. Skrajno desno spodaj najdemo boljše afriške košarkarske reprezentance: Senegal, Slonokoščeno obalo, Nigerijo, Maroko, Tunizijo, Egipt itd. Te reprezentance so veliko igrale med sabo in z ostalimi afriškimi reprezentancami, nekaj dvobojev so odigrale tudi z evropskimi in ameriškimi reprezentancami. Ekipe v peti skupini, ki so izven te podskupine, so odigrale precej manj srečanj.

Četrta skupina je zelo homogena, saj je sestavljena iz evropskih reprezentanc, dveh ekip iz Južne Amerike in reprezentance Libanona. Skupina je razdeljena na dva velika dela, v spodnjem so uspešnejše reprezentance Francije, Grčije, Italije, Španije in tudi reprezentanci nekdanjih Jugoslavije in Sovjetske zveze. V drugem delu skupine najdemo, podobno kot pri evropskih nogometnih reprezentancah, reprezentance mlajših držav in v košarkarskem merilu kakovostno slabše reprezentance. Mejo med obema podskupinama predstavljata južnoameriški državi Kolumbija in Ekvador, ki ju je Wardova metoda razvrščanja uvrstila v to skupino. Ker sta ti državi igrali precej manj z ostalimi predstavniki te skupine, so na njenem matričnem prikazu vidne bele lise.

Slika 5.10: Prikaz omrežja odigranih košarkarskih iger od leta 1946 do konca leta 2011  
 (a) Dendrogram Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine z normalizirano popravljeno evklidsko razdaljo  
 (b) Matrični prikaz



V splošnem reprezentance iz te skupine veliko igrajo s tretjo skupino, katere sestavo bomo opisali v naslednjem odstavku.

V tretji skupini so reprezentance iz obeh Amerik, štiri uspešnejše azijske države (Kitajska, Japonska, Filipini in Republika Koreja) ter edini predstavnici Oceanije (Avstralija in Nova Zelandija). Največ tekem sta med sabo v tej skupini odigrali Brazilija in Združene države Amerike, ki sta veliko igrali tudi proti Argentini in Avstraliji.

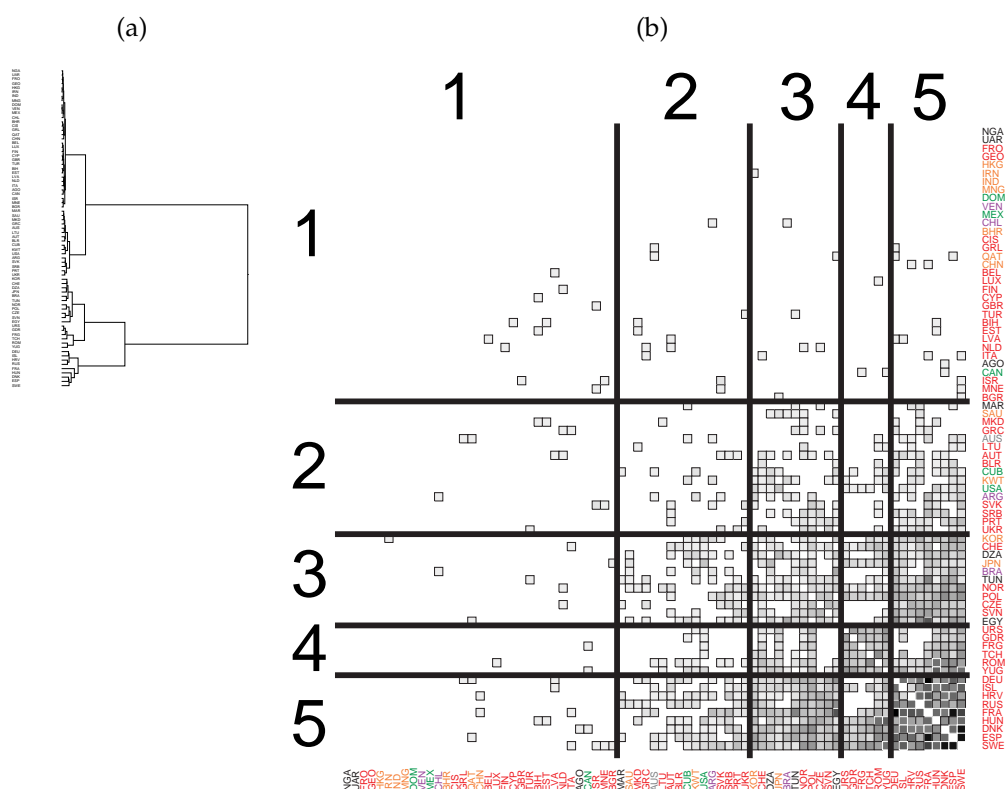
Druga skupina je sestavljena iz azijskih reprezentanc in štirih evropskih (Belorusije, Cipra, Irske in nekdanje Skupnosti neodvisnih držav). Reprezentance v tej skupini

so odigrale relativno malo košarkarskih tekem, a še vedno precej več kot reprezentance iz prve skupine, kamor sodijo v košarkarskem smislu eksotične države Kuvajt, Turkmenistan, Afganistan in Hong Kong. Te reprezentance so v opazovanem obdobju odigrale le štiri tekme.

Slika 5.11: Prikaz omrežja odigranih rokometnih iger od leta 1946 do konca leta 2011

(a) Dendrogram Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine z normalizirano popravljeno evklidsko razdaljo

(b) Matrični prikaz



Najmanj reprezentanc (le natanko 75) najdemo pri rokometu (slika 5.11), kjer so skupine glede na to, s katerih celin prihajajo reprezentance, najmanj homogene. Sicer zelo homogena je peta skupina, v kateri so najboljše rokometne reprezentance na svetu: Švedska, Španija, Danska, Madžarska, Francija, Rusija, Hrvaška, Islandija in Nemčija. Vse reprezentance v tej skupini prihajajo iz Evrope in so med sabo odigrale veliko rokometnih tekem. Veliko so igrale tudi proti reprezentancam iz ostalih skupin razen iz prve.

Četrto skupino ponovno sestavljajo izključno reprezentance evropskih držav, ki pa so večinoma že razpadle, a so bile v preteklosti v svetovnem merilu zelo pomembne za rokomet. To so reprezentance Jugoslavije, Českoslovaške, Vzhodne in Zahodne Nemčije ter Sovjetske zveze. Poleg njih se v tej skupini nahaja še reprezentanca Romunije. Predstavnice te skupine so veliko igrale predvsem z reprezentancami iz pete in tretje skupine.

V tretji skupini se nahajajo evropske reprezentance srednje kakovosti, tri najboljše afriške reprezentance (Egipt, Tunizija in Alžirija), dve najboljši predstavnici Azije (Japonska in Južna Koreja) ter Brazilija. Ta skupina je glede na pripadnost celinam zelo heterogena. Reprezentance največ igrajo proti ekipam iz pete skupine, veliko tekem odigrajo tudi med sabo.

Še bolj raznoliki v smislu pripadnosti celinam sta druga in prva skupina. V drugi skupini najdemo povprečne evropske reprezentance in reprezentance Združenih držav Amerike, Kube, Argentine, Avstralije, Kuvajta, Saudove Arabije in Maroka. Omenjene reprezentance zelo malo igrajo med sabo, a nekoliko več s predstavnicami pete in tretje skupine. V rokometnem svetu reprezentance iz te skupine (razen Srbije) ne pomenijo veliko.

V prvi skupini so ostale za rokomet skoraj eksotične države iz Evrope, Azije, Afrike in obeh Amerik. Te reprezentance so odigrale zelo malo rokometnih srečanj.

Kot smo videli pri matričnih prikazih, so omrežja iger pri ekipnih športih relativno gosta. Metoda, ki nam v omrežju ohrani le najpomembnejše povezave, se imenuje algoritem PathFinder (opisan je v podpoglavju 3.3). Pri uporabi tega algoritma morajo uteži na povezavah meriti neko različnost med akterji. V omrežjih iger pri ekipnih športih smo različnost vpeljali na naslednji način.

Naj bo s  $s(u, v)$  označeno število odigranih iger v opazovanem obdobju med poljubnima akterjema  $u$  in  $v$  v nekem omrežju iger. Označimo z  $M$  največje število odigranih iger v tem omrežju. Različnost  $d$  med akterjema  $u$  in  $v$  lahko definiramo kot:

$$d(u, v) = \begin{cases} 1 + M - s(u, v) & s(u, v) > 0; \\ 0 & \text{sicer.} \end{cases} \quad (5.2)$$

Na sliki 5.12 je prikazano nogometno omrežje iger med reprezentancami, dobljeno po uporabi algoritma PathFinder pri vrednostih parametrov  $r = \infty$  in  $q = 224$ . Prvotno razporeditev točk smo dobili z algoritmom Kamada-Kawai, nato smo točke na sliki 5.12 še ročno razporedili, da smo dosegli boljši pregled. Barva točke sovпада s konfederacijo, v katero sodi država, ki jo točka ponazarja. Povezave med točkami predstavljajo število odigranih iger med državami, ki so s točkami predstavljene (in ne različnost  $d$ , ki je bila uporabljena pri samem algoritmu PathFinder). Večje število odigranih iger med dvema državama je ponazorjeno s temnejšo in debelejšo povezavo.

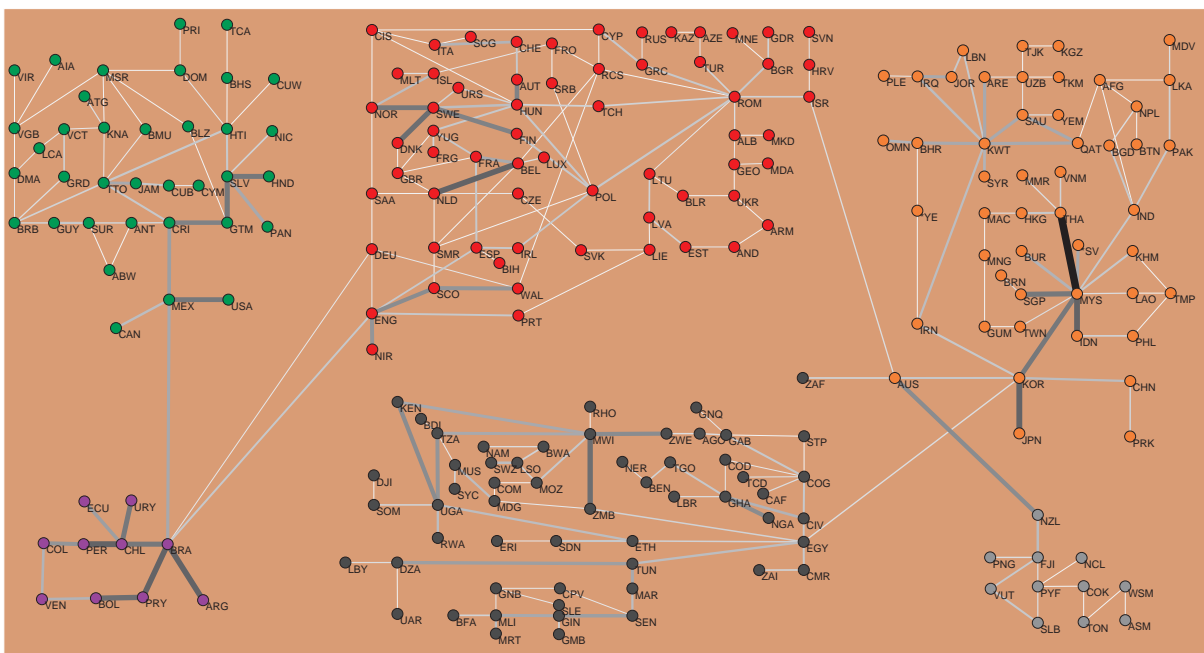
Opazimo, da so istobarvne točke razporejene na istih koncih slike, barve so skoraj ločene med sabo, kar nakazuje, da nogometne reprezentance iz iste konfederacije več igrajo med sabo kot proti reprezentancam iz drugih konfederacij. Med konfederacijami najdemo (če sploh) eno ali največ dve povezavi. Dvakratno povezavo med konfederacijama opazimo med Južno Ameriko in Evropo – Brazilija je povezana z Anglijo in Nemčijo. Kakovost vseh treh omenjenih ekip veliko prispeva k vzpostavitvi medkonfederacijskih povezav. Brazilija je namreč najuspešnejša nogometna država, če sodimo po številu osvojenih svetovnih nogometnih prvenstev, saj je naslov osvojila kar petkrat. Tudi Nemčija (trikrat) in Anglija (enkrat) sta že osvojili ta naslov. Brazilija je močno povezana še z Mehiko, ki je nogometno najbolj kakovostna država v Severni in Srednji Ameriki s Karibi (konfederacija CONCACAF).

Najmočnejšo povezavo med konfederacijami na sliki 5.12 predstavlja povezava med Avstralijo (azijska AFC) in Novo Zelandijo (oceanijska OFC). Trdimo lahko, da ima geografska bližina velik vpliv na moč te povezave. Seveda ne smemo pozabiti tudi, da je do nedavnega Avstralija spadala še v konfederacijo OFC. Nasploh je Avstralija država, ki je povezana z največ, kar s štirimi konfederacijami. Poleg omenjenih, AFC in OFC, še z evropsko UEFA (prek Izraela) in z afriško CAF (prek Južne Afrike).

Preostalo povezavo med konfederacijami (edino, ki ne vključuje niti Avstralije niti Brazilije) tvorita Republika Koreja (AFC) in Egipt (CAF). Ker obe reprezentanci sodita med najkakovostnejše v svojih konfederacijah, menimo, da je ponovno prav to glavni razlog za povezavo.

Znotraj posameznih konfederacij so se ohranile najmočnejše vezi. V Evropi so to za-

Slika 5.12: Nogometno omrežje iger med letoma 1946 in 2011 po uporabi algoritma PathFinder



poredne povezave med državami z Otoka (Anglija, Severna Irska, Škotska in Wales) in povezave med skandinavskimi reprezentancami (Norveška, Švedska, Danska in Finska). Odsotnost povezave med dvema akterjema še ne pomeni nujno, da nista medsebojno odigrala veliko iger. Preveriti je treba še povezave s sosednjimi akterji. Norveška na primer na sliki 5.12 ni povezana z Dansko. Razlog sta zaporedni močni povezavi Norveške s Švedsko in Švedske z Dansko, zaradi česar po uporabi algoritma PathFinder ni več povezave med Norveško in Dansko. Zato moramo biti pri interpretaciji povezav po uporabi algoritma PathFinder previdni. Zelo močno sta povezana še para Nizozemska in Belgija ter Avstrija in Madžarska. V Južni Ameriki so vse preostale povezave precej močne. V konfederaciji Severne in Srednje Amerike s Karibi lahko izpostavimo povezavo med Mehiko in Združenimi državami Amerike ter zaporedje povezanih držav Srednje Amerike (Kostarika, Gvatemala, Salvador in Honduras). V Afriki je najmočnejša relacija Malavi–Zimbabve, Malavi je močno povezan tudi s Kenijo in Tanzanijo. Omeniti velja še povezanost kakovostnih reprezentanc Gane in Nigerije. Seveda se je ohranila tudi med vsemi najmočnejša povezava, in sicer v Aziji med Malezijo in Tajsko. Malezija je izrazito veliko igrala tudi s Singapurjem in z Indonezijo. V azijski konfederaciji sta močnejše povezani še Republika Koreja in Ja-

ponska. Kot smo že ugotovili, v Oceaniji reprezentance ne igrajo veliko nogometnih dvobojev.

Podobno kot pri nogometu smo algoritem PathFinder uporabili tudi v omrežjih košarkarskih (slika 5.13a) in rokometnih (slika 5.13b) dvobojev med reprezentancami. Pri razporejanju točk smo najprej uporabili algoritem Kamada-Kawai, vendar za vsako celino posebej. Nato smo nekatere točke zaradi boljšega pregleda še ročno premaknili.

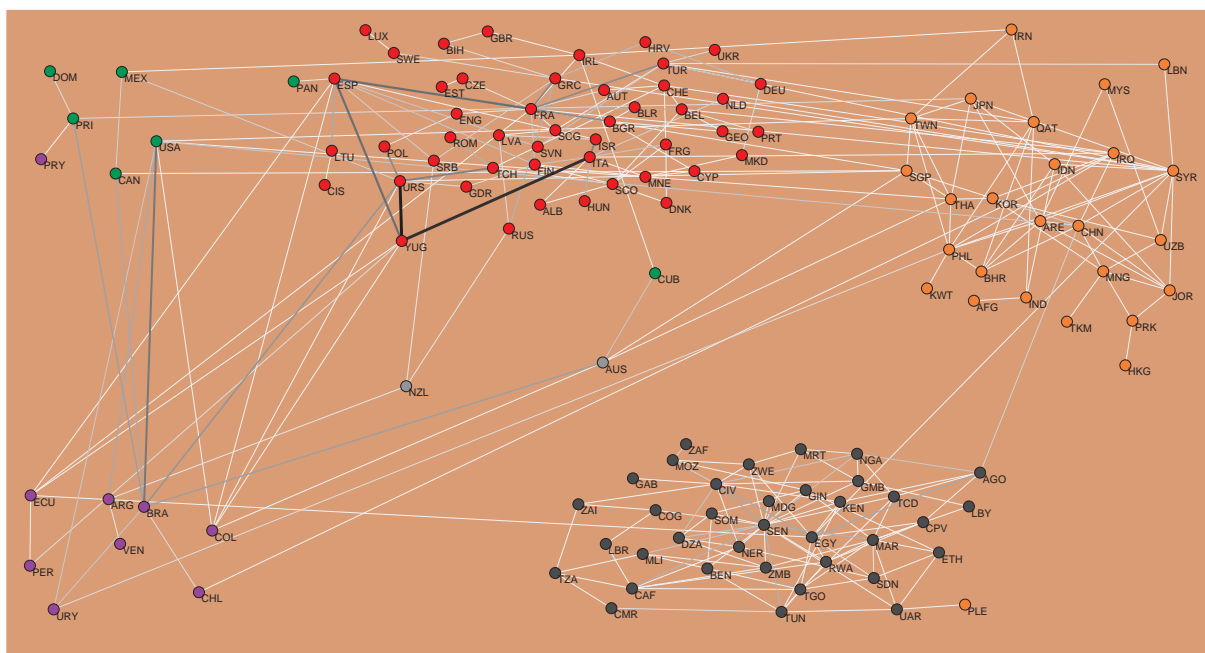
Najprej se bomo posvetili košarkarskemu omrežju iger, kjer prevladujejo reprezentance iz Evrope. Evropske košarkarske reprezentance veliko igrajo z azijskimi, medtem ko ni nobene pomembne povezave med evropskimi in afriškimi državami. Ohranile so se najmočnejše povezave med nekdanjima državama Jugoslavijo in Sovjetsko zvezo, med Jugoslavijo in Španijo ter med Španijo in Francijo. Najmočnejša povezava Evrope z ostalim delom sveta poteka med Sovjetsko zvezo in Brazilijo. Slednja je zelo močno povezana z državami Severne in Srednje Amerike, kar ni presenetljivo, saj v košarki spadajo države z ameriškega kontinenta v isto "komisijo". Presenetljivejša je močna povezanost Brazilije z Avstralijo, ki je poleg Nove Zelandije edina predstavnica držav Oceanije. Avstralija je podobno kot Brazilija povezana s tremi kontinenti, z Južno in Severno Ameriko ter z Azijo. Afriški kontinent je prek Egipta povezan z Južno Ameriko (Ekvador) in Azijo (Sirija). Relativno močna povezanost je še med Angolo in Kitajsko. Palestina je povezana le z nekdanjo Združeno arabsko republiko, ki je med letoma 1958 in 1961 vključevala Egipt in Sirijo.

Pri rokometu je prevlada evropskih držav še močnejša. Izstopajo Francija, ki je poleg evropskih držav (predvsem Španije in Nemčije) povezana z afriškimi (Egipt) in azijskimi (Kitajska, Bahrajn) državami ter z Avstralijo kot edino predstavnico Oceanije v rokometu, Španija s povezavami v Evropi (predvsem s Francijo in Švedsko), Aziji (najmočnejše z Republiko Korejo) in s Kubo iz Srednje Amerike, ter Švedska s povezavami izključno v Evropi. Na sliki 5.13b afriške države niso povezane med sabo, kar pomeni, da v Afriki rokomet, razen v nekaterih državah (Egipt, Tunizija, Nigerija), ni dobro razvit. Med državami Južne Amerike izstopa Brazilija, ki je povezana s Severno Ameriko (Dominikanska republika), z Afriko (Egipt) in z Azijo (Bahrajn, Kuvajt).

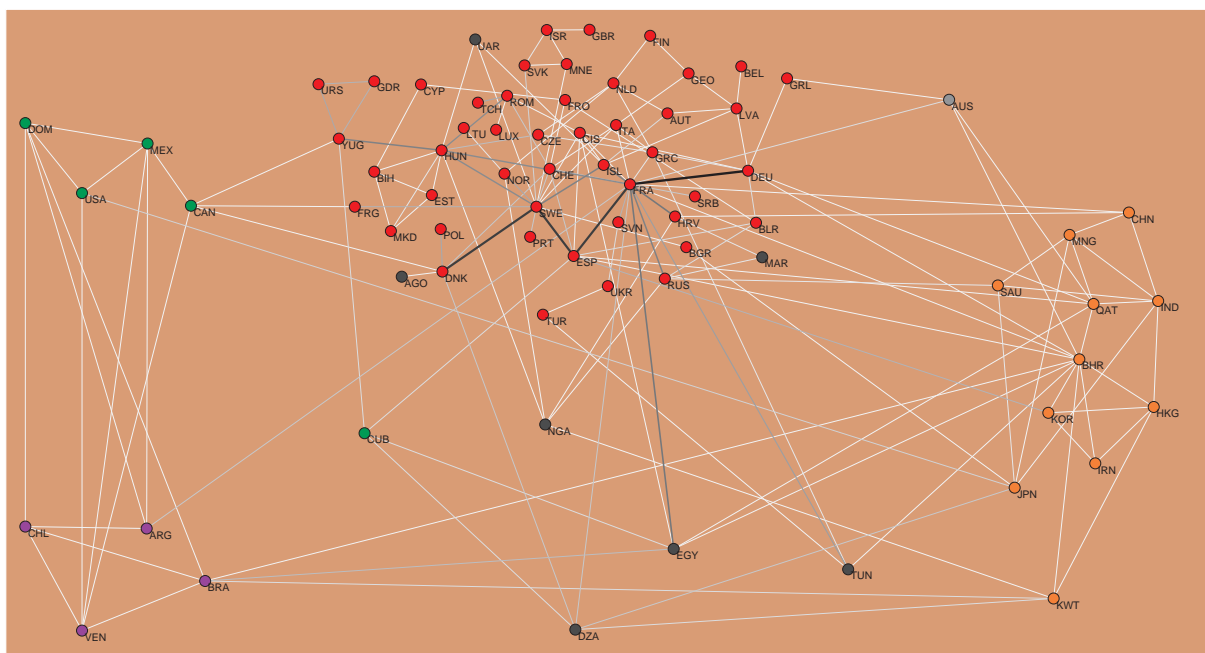
Podpoglavje bomo zaključili z analizo razdalj, ki so jih posamezne nogometne re-

Slika 5.13: Omrežji iger med letoma 1946 in 2011 po uporabi algoritma PathFinder

(a) Košarka



(b) Rokomet



prezentance prepotovale v opazovanem obdobju za namene igranja tekem na meddržavnem nivoju. Skladno s hipotezo o kakovosti reprezentanc in geografski povezanosti pričakujemo, da so bolj kakovostne reprezentance prepotovale več kot manj



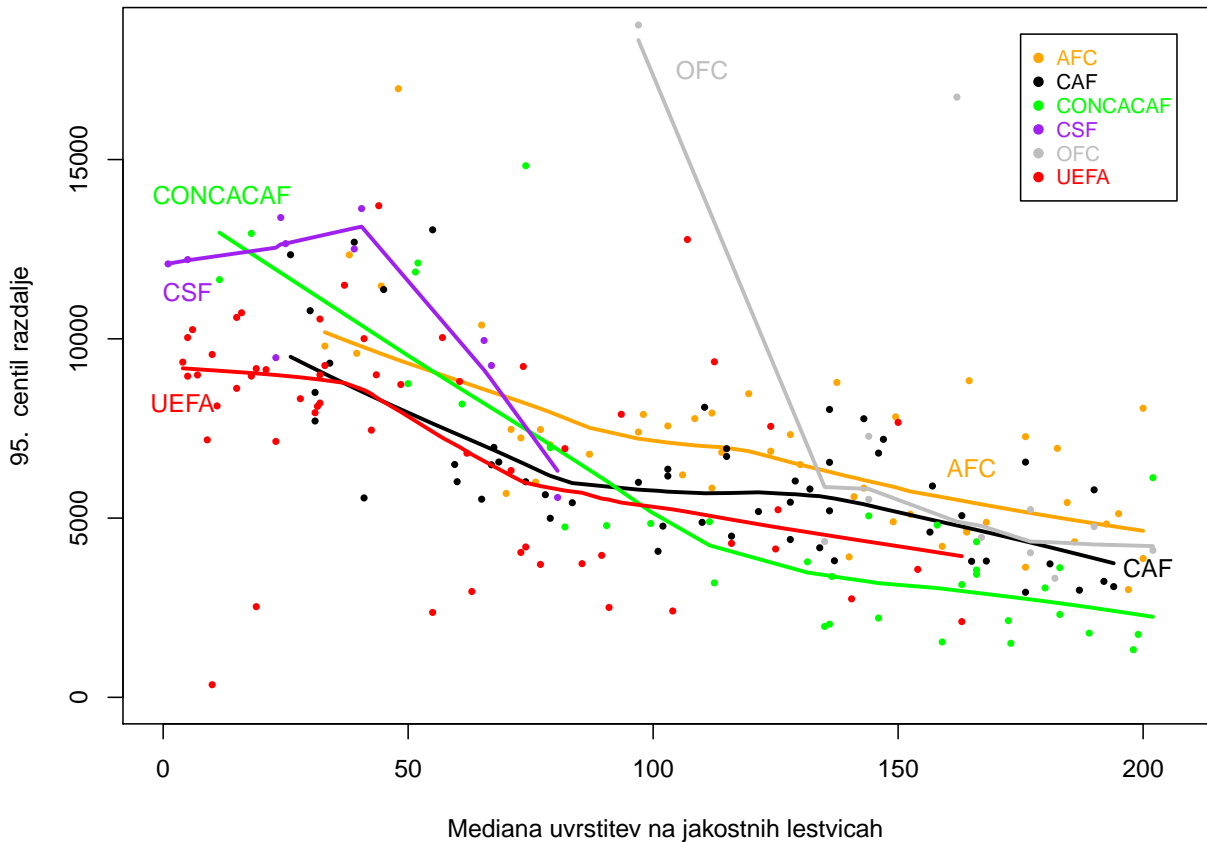
kakovostne. Kakovost posamezne reprezentance smo merili s pomočjo uvrstitev na jakostnih lestvicah FIFA (opis teh lestvic je v razdelku 6.1.4). Za merjenje razdalje smo uporabili razdaljo velikega kroga (Hijmans, 2011). Natančneje, v bazi nogometnih podatkov imamo informacijo o kraju, kjer je bila odigrana tekma. Pridobili smo še koordinate teh krajev in nato izračunali razdaljo, ki jo reprezentanci pred igranjem tekme prepotujeta. Pri tem smo za razdaljo poti, ki jo je posamezna reprezentanca prepotovala do kraja igranja, privzeli razdaljo med glavnim mestom države, iz katere prihaja reprezentanca, in krajem igranja dvoboja. Če je reprezentanca igrala domačo tekmo, te razdalje nismo računali. Na sliki 5.14 smo vsako nogometno reprezentanco predstavili s točko. Prva koordinata točke je mediana vseh uvrstitev na nogometnih jakostnih lestvicah, ki jih je reprezentanca dosegla v svoji zgodovini. Druga koordinata predstavlja 95. centil vseh izračunanih prepotovanih razdalj na tekme te reprezentance. Barva točke je določena z njeno konfederacijo. Točkam iz vsake konfederacije smo dodali še krivuljo glajenja, ki se posamezni konfederaciji najbolj prilega.

V splošnem se z zmanjševanjem kakovosti ekip (z zniževanjem srednjega ranga reprezentanc) znižuje tudi prepotovana razdalja do odigranih tekem. To smo potrdili s Pearsonovim koeficientom korelacije, ki je negativen ( $r = -0,62$ ,  $p < 0,001$ ). Obratno sorazmerje med obema opazovanima spremenljivkama je na sliki 5.14 opazno za vsako konfederacijo posebej. Po številu potovanj v svoji konfederaciji najbolj izstopa Nova Zelandija, saj je prepotovala največ med vsemi reprezentancami, vključenimi v analizo. Ostale ekipe iz konfederacije OFC so potovale precej manj. Velike razlike v prepotovanih razdaljah je opaziti še v južnoameriški konfederaciji. Pri ostalih štirih konfederacijah imajo krivulje precej podobno razmeroma počasi padajočo obliko, kar potrjuje hipotezo o obratno sorazmerni povezanosti med kakovostjo reprezentanc in prepotovanimi razdaljami na tekme.

### 5.3 Primerjava omrežij iger

V poglavju 5 smo pri športnih panogah posameznikov in pri ekipnih športih analizirali dve vrsti omrežij iger. V obeh vrstah so akterji posamezni športniki ali reprezentance, relacija pa je definirana kot *je igral proti*. Prvo vrsto omrežij tvorijo neutežena omrežja,

Slika 5.14: Porazdelitev 95. centila prepotovanih razdalj posameznih reprezentanc na nogometne tekme glede na mediano uvrstitev na jakostnih lestvicah



kjer stopnja točke predstavlja število odigranih dvobojev posameznika ali ekipe v opazovanem obdobju. Pri športnih panogah posameznikov so zajeti podatki za obdobje štirih let, od začetka leta 2008 do konca leta 2011. V osnovi so porazdelitve stopenj točk v neuteženih omrežjih odigranih dvobojev pri tenisu in namiznem tenisu zelo podobne ne glede na spol. Izstopa šah, kjer porazdelitev stopenj točk vztraja zelo visoko do števila 9 in šele nato prične hitreje padati. Razlog je v načinu organizacije šahovskih turnirjev, na katerih se praviloma igra devet kol. Analizirano obdobje je pri ekipnih športih precej daljše, saj zajema 66 let (od začetka leta 1946 do konca leta 2011). Največ srečanj v nogometu so odigrale azijske, južnoameriške in evropske reprezentance. Pri košarki in rokometu je v tem pogledu moč zaznati absolutno dominacijo evropskih ekip.

Drugo vrsto omrežij iger tvorijo utežena omrežja, pri čemer akterji in relacija ostajajo enaki. Uteži so določene s številom dvobojev med dvema akterjema (športnikoma ali

reprezentancama). Stopnja točke v teh omrežjih predstavlja število različnih nasprotnikov, s katerimi se je akter v opazovanem obdobju pomeril. Pričakovano je, da igralci oziroma ekipe, ki so odigrali oziroma odigrale več iger, le-te odigrajo proti večjemu številu različnih nasprotnikov kot igralci oziroma ekipe z manj odigranimi igrami. Kljub temu smo predpostavljali, da jakost igralcev oziroma ekip še dodatno vpliva na opisano razmerje. Število odigranih iger in število različnih nasprotnikov smo uporabili za definicijo indeksa istih nasprotnikov (*SOI*), ki nam poda oceno, koliko je nek akter v omrežju igral proti istim nasprotnikom. *SOI* se nahaja na zaprtem intervalu med 0 in 1, višja vrednost tega indeksa pomeni več iger proti istim nasprotnikom. Izkazalo se je, da imajo po jakosti najboljše ocenjeni igralci zelo visok *SOI*, višjega od povprečnega *SOI* v posamezni panogi. To velja za vse športe, posamezne in ekipne, ter tudi za šah.

Pri vseh športih in šahu se kaže negativna povezanost *SOI* z jakostjo oziroma s kakovostjo akterjev v omrežju. Pri posameznikih je ta negativna povezanost močnejša pri tenisu in šahu, manj očitna je pri namiznem tenisu. Pri nogometu veliko odigranih srečanj v daljšem časovnem obdobju zmanjšuje razlike v izračunanem *SOI*, ki pa še vedno ohranja negativni trend. Še izrazitejša je negativna povezanost pri košarki in rokometu. Vse napisano potrjuje hipotezo, da po jakosti močnejši akterji v športnih omrežjih več igrajo s primerljivimi nasprotniki kot s slabšimi. Vzroki so lahko različni. Pri tenisu in namiznem tenisu že način igranja turnirjev vpliva na tako porazdelitev. Turnirji so praviloma organizirani po načinu izključevanja. Poraz igralcu onemogoči nadaljnje igranje in možnosti za zmago na turnirju. Tako se v končnih fazah turnirjev na izločanje srečujejo le najboljši igralci. Ker je teh relativno malo, porazdelitev *SOI* glede na kakovost akterjev v tenisu in namiznem tenisu ni presenetljiva. Pri šahu so najmočnejši turnirji večinoma organizirani kot turnirji zaprtega tipa, na katerih igrajo le povabljeni igralci. Predvsem najboljši šahisti sveta igrajo skoraj izključno na te vrste turnirjih, kjer nastopa le malo igralcev in se igra po bergerjevem sistemu (vsak igralec proti vsakemu). Igranje na takih turnirjih ima za udeležence določene prednosti. Poleg zagotovljenih visokih denarnih nagrad je lažje ohraniti težko prigarane šahovske jakostne točke ELO (izračun šahovskih jakostnih točk ELO je opisan v razdelku 6.1.3), saj se lahko udeleženelec na turnir in na nasprotnike pripravi že veliko vnaprej. Ni

presenetljivo, da so se partije na teh turnirjih (pre)pogosto končevale z neodločenimi rezultati. Zato se je po letu 2005 v šahovskem svetu uveljavilo dobro poznano *Sofijsko pravilo* (po močnem turnirju v Sofiji, kjer so ga prvič uporabljali), ki dovoljuje predčasen miroljuben zaključek partije le v izrednih primerih. Vendar to pravilo za organizatorje ni obvezujoče in ga zato ne uporabljajo na vseh turnirjih.

Geografsko povezanost akterjev smo v poglavju 5 preverjali z mešanima metodama sredic in otkov pri posameznikih ter z matričnim pristopom pri ekipnih športih. Pri obeh metodah se je izkazalo, da je geografski vpliv zelo velik. Posebej izstopata tenis in šah pri posamičnih športih in igrah ter nogomet pri ekipnih športih. Dobljeni otoki pri tenisu in šahu so izrazito homogeni v smislu držav, iz katerih prihajajo akterji, razen pri otokih najboljših športnikov, kjer se zaradi kakovosti pojavlja heterogenost. Podobno nam je razvrščanje v skupine pri nogometu razkrilo zelo homogene skupine, ki so skoraj sovpadale z nogometnimi konfederacijami. Opazni so bili posamezni premiki med konfederacijami oziroma skupinami, vendar tudi v povezavi s kakovostjo izstopajočih nogometnih reprezentanc. Tako se je Nova Zelandija znašla v azijski konfederaciji, saj v svoji po odhodu Avstralije nima več primerne konkurence. Pri namiznem tenisu je močan vpliv Azijcev, ki z novimi potnimi listi pogosto igrajo pod zastavo druge države (veliko dobrih namiznoteniških igralcev iz Azije živi v Evropi). Evropa je zelo močno zastopana v košarki in predvsem v rokometu. Pri ekipnih športih smo s pomočjo algoritma PathFinder prepoznali najmočnejše vezi med državami v smislu odigranih športnih iger. Prepoznali smo države, ki predstavljajo mostove med celinami. Pri tem velja izpostaviti predvsem Brazilijo in Avstralijo.

Kakovost teniških dvobojev je povezana s porazdelitvijo razdalj med krajema, iz katerih prihajata nasprotnika. Povezanost velja v obeh konkurencah, v moški in ženski, in je odvisna od vrste odigranih dvobojev. Razdalje med glavnima mestoma držav, iz katerih prihajata igralca, so večje, ko se igrajo bolj kakovostni dvoboji oziroma ko so dvoboji odigrani na boljših turnirjih (pri tem izstopajo turnirji Grand Slam). Podobno smo pokazali, da pri nogometu uspešnejše reprezentance več potujejo po svetu. Ugotovitev velja za vse nogometne konfederacije. Opisano govori v prid postavljeni hipotezi o obratni sorazmernosti med geografsko povezanostjo ekip in njihovo jakostjo oziroma kakovostjo. Hipoteza 2 je s tem potrjena.



## 6 Ocenjevanje jakosti akterjev v omrežjih

V tem poglavju najprej predstavimo načine ocenjevanja jakosti igralcev in igralk v športu nasploh in nato še po posameznih športnih panogah, obravnavanih v disertaciji. Sledi prikaz metod iz analize omrežij, ki lahko služijo kot dopolnitev doslej že znanim in uporabljenim načinom.

Stefani (2011) je načine ocenjevanja jakosti v svetu športa razdelil v tri skupine.

- *Subjektivno ocenjevanje* (ang. subjective):  
Temelji na subjektivni oceni. Zelo malo športov uporablja tak način ocenjevanja jakosti, med bolj znanimi je borilna veščina WKF-kickboks.
- *Ocenjevanje s prištevanjem* (ang. point-accumulation):  
Točke za izračun jakosti se lahko le prištevajo. Seštevanje točk  $i$ -tega posameznika ali ekipe v nekem obdobju predstavimo z naslednjo enakostjo (Stefani, 2011):

$$r_i^n = \sum_{k=1}^n f_i(w_i^k, W, A, O^k). \quad (6.1)$$

V enakosti (6.1) je z  $r_i^n$  označena jakost  $i$ -tega posameznika ali ekipe po tekmovanju  $n$  in temelji na vseh nastopih v opazovanem obdobju. Funkcija  $f_i$  deluje na štirih spremenljivkah. Z  $w_i^k$  je označena uspešnost  $i$ -tega posameznika ali ekipe na tekmovanju  $k$ , kjer je  $W$  utežna procedura pretvorbe rezultata v jakostne točke. Naslednja prilagoditev se nanaša na zastarelost rezultata oziroma upoštevanje časovne oddaljenosti rezultata in je označena z  $A$ . Na koncu so z  $O^k$  označeni še ostali rezultati in faktorji na tekmovanju  $k$ , ki lahko vplivajo na jakostne točke  $i$ -tega posameznika ali ekipe.

- *Ocenjevanje z uravnavanjem* (ang. self-adjustive):

Jakostne točke se pri teh načinih ocenjevanja lahko znižajo, zvišajo ali pa ostanejo enake. Za  $i$ -tega posameznika ali ekipo lahko ocenjevanje jakosti z uravnavanjem zapišemo kot (Stefani, 2011):

$$r_i^n = r_i^{n-1} + K \cdot \left[ w_i^n - P \left( r_i^{n-1}, r_j^{n-1}, W, O^{n-1} \right) \right]. \quad (6.2)$$

Z  $r_i^n$  je označena jakost  $i$ -tega posameznika ali ekipe po tekmovanju  $n$ , ki se izračuna na podlagi prejšnje jakosti  $r_i^{n-1}$  in  $K$ -kratne razlike med dejansko uspešnostjo  $i$ -tega posameznika ali ekipe na tekmovanju  $n$  (označeno z  $w_i^n$ ) in njegovo pričakovano uspešnostjo označeno s  $P(\dots)$ . Pričakovana uspešnost temelji na: zadnji izračunani jakosti  $i$ -tega posameznika ali ekipe ( $r_i^{n-1}$ ), zadnji izračunani jakosti nasprotnika ( $r_j^{n-1}$ ) v povezavi z utežno proceduro  $W$  in ostalimi faktorji  $O^{n-1}$  pred tekmovanjem  $n$ . Tak model je vrsta metode *prediktor–korektor*, kjer lahko jakost  $i$ -tega posameznika ali ekipe naraste, se zniža ali ostane enaka, saj je vsak nov dosežen rezultat primerjan z napovedanim rezultatom pred tekmovanjem. V enakosti (6.2) je pomembna izbira faktorja  $K$ , od katerega je odvisno, kako hitro bodo izračunane jakosti variirale. Previsok faktor  $K$  lahko povzroči preveliko osciliranje, prenizek pa premajhno odzivnost izračunane jakosti na dejanske spremembe.

Pravilno izmerjena jakost akterja v športu je za posameznika ali ekipo zelo pomembna. Naštejmo le nekaj primerov:

- ob koncu teniške sezone ima na zaključnem turnirju (ang. masters) pravico do nastopa le osem najbolje uvrščenih teniških posameznikov na svetovni teniški jakostni lestvici;
- skupine ekip, s katerimi si pomagajo pri žrebu nasprotnikov na nogometnih, košarkarskih, rokometnih in ostalih ekipnih prvenstvih ali v kvalifikacijah, so določene na podlagi jakostnih lestvic v omenjenih športnih panogah;
- v večini držav namenjajo ekipnim športnim panogam denar glede na njihovo uvrstitev na jakostnih lestvicah, pri čemer višje uvrščene dobijo od države več denarja;

- šahovski klubi izbirajo in plačujejo svoje igralce glede na njihovo trenutno izmerjeno jakost (njihovo uvrstitev na šahovski jakostni lestvici).

Uspešna organizacija turnirjev oziroma dvobojev temelji na dobro izračunani oceni jakosti igralcev ali ekip. V interesu organizatorjev je, da med sabo igrajo igralci (ekipe), primerljivi po jakosti, tako lahko spremljamo zanimivejše in bolj izenačene dvoboje. Boljši igralci (ekipe) ostanejo v igri za zmago dlje časa in so hkrati privlačni za gledalce in medije.

## **6.1 Predstavitev jakostnih lestvic pri posameznih športnih panogah**

Načini ocenjevanja jakosti posameznikov ali ekip v športu se zelo razlikujejo. Kljub velikemu zanimanju javnosti in omenjanju jakosti športnikov in ekip v medijih je le malo prostora namenjenega podrobnostim o izračunu jakosti. Razlogov je več, med glavnimi prav gotovo ta, da so načini pri nekaterih športih precej zapleteni in pogosto zahtevajo veliko matematičnega predznanja. Stefani (1997) in Bennett (1998) sta raziskala načine ocenjevanja jakosti v nekaterih športih. Stefani (1997) se je posvetil smučanju (alpskemu in nordijskemu), tenisu v moški in ženski konkurenci, nogometu in golfu. Bennett (1998) se je osredotočal predvsem na ameriške športe, ameriški nogomet, bejzbol, kriket, hokej na ledu itd. Načini merjenja jakosti se v športnih panogah, ki jih analiziramo v disertaciji, s časom sicer spreminjajo, a novejšega pregleda v literaturi ni mogoče najti. V naslednjih razdelkih bomo predstavili glavne značilnosti načinov merjenja jakosti v posameznih športih. Ugotavljali bomo primernost do sedaj razvitih metod za ocenjevanje oziroma merjenje jakosti in v nekaterih primerih podali tudi svoj predlog izboljšave.

### **6.1.1 Tenis**

Načina ocenjevanja jakosti v moški in ženski teniški konkurenci sta si precej podobna, a imata drugačno zgodovino in se tudi v današnjem času še vedno nekoliko razlikujeta. Po razdelitvi, ki jo je uvedel Stefani (2011), ju uvrščamo med načine ocenjevanja



jakosti igralcev s prištevanjem. Utežna procedura (v enakosti (6.1) je označena z  $W$ ) je v obeh konkurencah zelo pregledna, saj je objavljena na spletnih straneh obeh uradnih organizacij, zadolženih za objavo teniških jakostnih lestvic (ATP za moške in WTA za ženske). Procedura je predstavljena v obliki matričnega zapisa, kjer v vrsticah najdemo vrsto turnirja (Grand Slam, ATP Tour Masters, olimpijske igre itd.) in v stolpcih kólo, v katerem je lahko igralec končal s turnirjem. Dosežene točke se nato preberejo v celici matrike, kjer se srečata vrsta odigranega turnirja in kólo, v katerem je igralec izpadel (če seveda ni zmagal na turnirju). Med načini ocenjevanja jakosti s prištevanjem se najpogosteje uporablja izbris rezultatov po enem letu. Povedano drugače, za jakostno lestvico štejejo le rezultati, ki niso starejši od enega leta. Tudi v tenisu so v obeh konkurencah že od prvih verzij igralci razvrščeni glede na osvojene točke na turnirjih v zadnjih 52-ih tednih, kar ustreza enemu igralnemu letu.

V tenisu imajo kljub preglednosti na področju računanja jakosti igralcev očitno določene težave. Leta 2009 je povratnica na teniška igrišča, Belgijka Kim Clijsters, osvojila enega največjih turnirjev na svetu, na katerega se ni kvalificirala, ampak je dobila povabilo organizatorja (ang. wild card). Ob tem primeru se postavlja kar nekaj vprašanj in dilem, ali na primer ni bila njena uvrstitev na jakostni lestvici pred tem turnirjem podcenjena, a tudi to, da bi se lahko zgodilo, da bi kasnejša zmagovalka ostala brez nastopa na tem turnirju, če je organizatorji ne bi posebej povabili. Iz teniške zgodovine je znanih še nekaj podobnih primerov (Goran Ivanišević je osvojil Wimbledon leta 2001 kot povabljeni igralec). To nakazuje, da upoštevanje rezultatov le za eno preteklo leto, kar je trenutno v uporabi pri ocenjevanju jakosti teniških igralcev in igralk, ni najboljša metoda določanja jakosti igralcev (ali ekip).

## **Moški**

Leta 1973 je tenis v moški kategoriji kot prvi med svetovno razširjenimi športi predstavil svetovno jakostno lestvico. Od takrat je izračun jakosti v moškem tenisu doživel veliko sprememb. Najpomembnejša je bila leta 1990, saj so do takrat objavljali povprečja osvojenih točk v obdobju enega leta, od 1. januarja 1990 pa se je uveljavil sistem, pri katerem se točke le prištevajo. Teniški način ocenjevanja jakosti je zadnjo spremembo doživel leta 2008, ko so spremenili število možnih osvojenih točk na turnir-

jih. V trenutni verziji za uvrstitev na jakostno lestvico šteje naslednjih 19 turnirjev (18 turnirjev, če se igralec ni uvrstil na zaključni masters sezone):

- štirje Grand Slami,
- osem obveznih turnirjev ATP Tour Masters 1000,
- zaključni masters sezone,
- šest najboljših rezultatov na turnirjih ATP World Tour 500, ATP World Tour 250, ATP Challenger Tour, Futures Series, na olimpijskih igrah in v Davisovem pokalu.

Največ točk je mogoče osvojiti na turnirjih za Grand Slam (2000 točk), sledijo zaključni masters sezone (1500) in ATP Tour Masters 1000 turnirji (1000). Ostali turnirji prinašajo manj točk. Trenutna razporeditev točk po vrsti turnirja in kólu, v katerem igralec konča turnir, je v tabeli 6.1. Točke na jakostni lestvici ATP se objavljajo vsak teden, izjema so le tedni, ko potekajo turnirji Grand Slam, in tedni ob koncu koledarskega leta, ko ni profesionalnih turnirjev.

Uvrstitve na jakostni lestvici ATP se uporabljajo za določanje nosilcev vseh turnirjev razen svetovnega ekipnega prvenstva (ARAG ATP World Tour Team Championship) in zaključnega mastersa sezone (Barclays ATP World Tour Finals), ki pa že v osnovi potekata na drugačen način. Ekipe oziroma igralci so namreč razporejeni v skupine, kjer igrajo po sistemu vsak proti vsakemu. Na ostalih teniških turnirjih se praviloma igra po sistemu izločanja.

Od začetka objavljanja teniške jakostne lestvice leta 1973 in do konca leta 2011 je bilo na vrhu moške teniške jakostne lestvice le 25 igralcev. Najdlje, vsak izmed njih več kot 200 tednov, so se na vrhu nahajali Švicar Roger Federer in trije predstavniki Združenih držav Amerike, Pete Sampras, Jimmy Connors in Ivan Lendl, ki je sicer po poreklu iz nekdanje Češkoslovaške.

## **Ženske**

V ženski konkurenci so teniške igralke pričeli razvrščati po jakosti novembra leta 1975. Sistem se je nekoliko kasneje kot v moški konkurenci iz računanja povprečij rezultatov

Tabela 6.1: Pregled točk za moško teniško jakostno lestvico

Tip turnirja	Zmaga	Poraz v							
		F	PF	ČF	R16	R32	R64	R128	Q
Grand Slam	2000	1200	720	360	180	90	45	10	25
ATP World Tour Finals	+ 500	+ 400	200 za vsako zmago v skupinskem delu						
ATP World Tour Masters 1000	1000	600	360	180	90	45	10(25)	(10)	25*
ATP 500	500	300	180	90	45	(20)			20**
ATP 250	250	150	90	45	20	(5)			12***
Challenger 125000 <sup>+H</sup>	125	75	45	25	10				5
Challenger 125000	110	65	40	20	9				5
Challenger 100000	100	60	35	18	8				5
Challenger 75000	90	55	33	17	8				5
Challenger 50000	80	48	29	15	7				3
Challenger 35000 <sup>+H</sup>	80	48	29	15	6				3
Futures 15000 <sup>+H</sup>	35	20	10	4	1				
Futures 15000	27	15	8	3	1				
Futures 10000	18	10	6	2	1				

\* Igralec dobi 12 točk, če je v glavnem žrebu več kot 56 igralcev.

\*\* Igralec dobi 10 točk, če je v glavnem žrebu več kot 32 igralcev.

\*\*\* Igralec dobi 5 točk, če je v glavnem žrebu več kot 32 igralcev.

<sup>+H</sup> Organizator zagotavlja igralcem gostoljubje (hrano in prenočišče).

Vir: ATP (2012)

decembra 1996 spremenil v prištevanje točk. Tudi pri ženskah štejejo rezultati v zadnjih 52-ih tednih, porazdelitev točk po turnirjih je prikazana v tabeli 6.2.

Na vrhu ženske teniške jakostne lestvice je bilo 21 teniških igralk, najdlje, kar rekordnih 377 tednov, Nemka Steffi Graf. 45 tednov manj je na vrhu vztrajala Martina Navratilova, ki je kot tudi Ivan Lendl po poreklu iz nekdanje Češkoslovaške. Kariero je zaključila kot predstavnica Združenih držav Amerike. Več kot 200 tednov sta se na vrhu lestvice obdržali še Chris Evert iz Združenih držav Amerike in Švicarka Martina

Tabela 6.2: Pregled točk za žensko teniško jakostno lestvico

Tip turnirja	Zmaga	Poraz v										
		F	PF	ČF	R16	R32	R64	R128	QLFR	Q3	Q2	Q1
Grand Slam	2000	1400	900	500	280	160	100	5	60	50	40	2
WTA Tour Championships	+ 450	+ 360	230 za vsako zmago in 70 za vsak poraz v skupinskem delu									
Premier Mandatory (96S)	1000	700	450	250	140	80	50	5	30	-	20	1
Premier Mandatory (64S)	1000	700	450	250	140	80	5	-	30	-	20	1
Premier 5 (56S)	900	620	395	225	125	70	1	-	30	-	20	1
Premier (56S)	470	320	200	120	60	40	1	-	12	-	8	1
Premier (32S)	470	320	200	120	60	1	-	-	20	12	8	1
International (56S)	280	200	130	70	30	15	1	-	10	-	6	1
International (32S)	280	200	130	70	30	1	-	-	16	10	6	1
ITF USD 100000 <sup>+H</sup> (32)	150	110	80	40	20	1	-	-	6	4	1	-
ITF USD 100000 <sup>+H</sup> (16)	150	110	80	40	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 100000 (32)	140	100	70	36	18	1	-	-	6	4	1	-
ITF USD 100000 (16)	140	100	70	36	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 75000 <sup>+H</sup> (32)	130	90	58	32	16	1	-	-	6	4	1	-
ITF USD 75000 <sup>+H</sup> (16)	130	90	58	32	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 75000 (32)	110	78	50	30	14	1	-	-	6	4	1	-
ITF USD 75000 (16)	110	78	50	30	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 50000 <sup>+H</sup> (32)	90	64	40	24	12	1	-	-	6	4	1	-
ITF USD 50000 <sup>+H</sup> (16)	90	64	40	24	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 50000 (32)	70	50	32	18	10	1	-	-	6	4	1	-
ITF USD 50000 (16)	70	50	32	18	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 25000 (32)	50	34	24	14	8	1	-	-	1	-	-	-
ITF USD 25000 (16)	50	34	24	14	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 10000 (32)	12	8	6	4	1	-	-	-	-	-	-	-
ITF USD 10000 (16)	12	8	6	1	0	-	-	-	-	-	-	-

<sup>+H</sup> Organizator zagotavlja igralkam gostoljubje (hrano in prenočišče).

Vir: WTA (2012)

Hingis.

### 6.1.2 Namizni tenis

Listo jakosti igralcev pri namiznoteniški organizaciji *ITTF* objavljajo enkrat mesečno. Način izračuna v osnovi spada med načine ocenjevanja jakosti z uravnavanjem (enakost (6.2)). Pri vsakem dvoboju namiznoteniških igralcev, ki sta že uvrščena na jakostni lestvici, dobi zmagovalec določeno število točk, določeno število točk pa se poražencu odvzame. Število pridobljenih oziroma odvzetih točk je odvisno od razlike v jakosti

obeh igralcev pred dvobojem in se določi s pomočjo tabele 6.3. Pri tem je treba upoštevati še utež, s katero se glede na zahtevnost tekmovanja pomnoži število točk, ki jih dobi zmagovalec. ITTF je po jakosti razdelila tekmovanja v tri skupine, faktorji po skupinah znašajo 1, 3/2 in 2. Poražencu se odvzete točke ne množijo s faktorjem – torej se vedno odzamejo točke z utežjo pri vrednosti 1. V primeru, ko igralec, ki je že na jakostni lestvici, premaga igralca, ki nanjo še ni uvrščen, ne dobi točk. V primeru poraza že uvrščenega igralca proti neuvrščnemu prvi izgubi deset točk (ITTF, 2012b).

Tabela 6.3: Pregled točk za namiznoteniško jakostno lestvico

Pričakovani rezultat	Uteži			Nepričakovani rezultat	Uteži		
	1	1,5	2		1	3/2	2
Razlika v jak. točkah	1	1,5	2	Razlika v jak. točkah	1	3/2	2
> 750	0	0	0	0–24	10	15	20
501–750	1	2	2	25–49	12	18	24
401–500	2	3	4	50–99	14	20	28
301–400	3	5	6	100–149	16	24	32
201–300	4	6	8	150–199	20	30	40
151–200	5	8	10	200–299	24	36	48
101–150	6	9	12	300–399	28	42	56
51–100	7	11	14	400–499	32	48	64
26–50	8	12	16	500–749	36	54	72
1–25	9	14	18	> 749	40	60	80

Vir: ITTF (2012b)

Način ocenjevanja pri namiznem tenisu pozna tudi t. i. *bonusne točke*, ki se dodelijo glede na osvojeno mesto na turnirjih na izločanje in se ne delijo na ekipnih turnirjih. Največ bonusnih točk dobijo namiznoteniški igralci na olimpijskih igrah in svetovnih prvenstvih, sledita svetovni pokal in finale ITTF Pro-Tour. Ostali turnirji prinašajo občutno manj bonusnih točk. Natančneje si njihovo razporeditev po turnirjih lahko

ogledamo na spletni strani ITTF (2012b).

Igralcu, ki še nima izračunane jakosti, se le-ta dodeli takoj, ko premaga vsaj dva igralca z izračunano jakostjo. Dodelijo se mu *začetne točke* na osnovi poznanih rezultatov v času računanja njegove jakosti. Začetne točke se igralcu ponovno izračunajo pri vsaki objavi liste jakosti igralcev, dokler ne doseže meje petih zmag in petih porazov proti igralcem z že izračunano jakostjo. V tem primeru postane jakost igralca stalna. Dokler igralčeve jakostne točke ne postanejo stalne, so navzgor omejene z jakostjo drugega najmočnejšega igralca, ki ga je premagal. Namiznoteniški igralci, ki ne odigrajo nobenega uradnega dvoboja v obdobju 12-ih mesecev, niso objavljeni na seznamu igralcev z izračunano jakostjo, a jim izračunana jakost ostane, če bi morda v prihodnosti ponovno tekmovali.

Nekateri avtorji so v preteklosti skušali izboljšati način ocenjevanja jakosti igralcev pri namiznem tenisu. Med pomembnejšimi poskusi je sistem, ki temelji na bayesijski statistiki (Marcus, 2001). V svoji osnovi je precej podoben šahovskemu načinu ocenjevanja jakosti, ki ga bomo spoznali v razdelku 6.1.3.

### **6.1.3 Šah in Elov način ocenjevanja jakosti**

Najbolj razširjen in največkrat uporabljen način ocenjevanja jakosti je v prejšnjem stoletju razvil ameriški profesor madžarskega porekla Arpad Imre Elo v znamenitem delu Elo (1978). Razvil je metodo za ocenjevanje jakosti šahovskih igralcev, njegova ideja je v šahovskih krogih v veliki meri v uporabi še danes. Čeprav je način izračuna sedaj nekoliko spremenjen, še vedno nosi njegovo ime, Elov način ocenjevanja jakosti (ang. ELO rating sistem). Glavna predpostavka, na kateri je Elo utemeljil svoje izračune, je bila, da je šahovska jakost vsakega igralca normalno porazdeljena slučajna spremenljivka. Igralec se lahko rezultatsko od partije do partije obnese precej spremenljivo, vendar je Elo pričakoval, da se srednja vrednost (aritmetična sredina) šahovske jakosti igralca le počasi spreminja. Predpostavljal je, da je resnična jakost posameznega igralca ravno aritmetična sredina normalno porazdeljene slučajne spremenljivke. V nadaljevanju je predpostavil še več, namreč da so standardni odkloni jakosti vseh šahovskih igralcev enaki. Tako bi naj po Elu jakosti vseh šahovskih igralcev sledile normalnim po-

razdelitvam istih oblik, ki pa se gostijo pri drugih vrednostih, odvisno od igralčevih šahovskih sposobnosti. Razlika dveh normalno porazdeljenih slučajnih spremenljivk je ponovno normalno porazdeljena slučajna spremenljivka, ki ima za aritmetično sredino razliko aritmetičnih sredin prvotnih normalno porazdeljenih slučajnih spremenljivk, njena varianca pa je vsota začetnih varianc.

Avtorji so si sicer enotni, da je Elova ocena prestala najmočnejši, to je časovni preizkus (Glickman, 1995; Sonas, 2002), saj je z manjšimi popravki v uporabi še danes. Pri izračunu šahovske jakosti igralcev je trenutno v uporabi obrazec:

$$r_i^n = r_i^{n-1} + K \cdot (w_i^n - w_i^{pri}). \quad (6.3)$$

Enakost (6.3) je poseben primer enakosti (6.2) in tako sodi med ocenjevanje jakosti z uravnavanjem. Po odigrani partiji ali po celotnem turnirju lahko igralec bodisi izgubi bodisi pridobi jakostne točke ELO, lahko pa te tudi ostanejo nespremenjene. Z  $r_i^n$  in  $r_i^{n-1}$  so označene igralčeve jakostne točke ELO *po* oziroma *pred* izračunom,  $w_i^n$  je dosežen rezultat igralca v partiji (ali na turnirju) in  $w_i^{pri}$  je njegov pričakovani rezultat.  $K$  je *faktor slabljenja* (ang. attenuation factor), ki je v bistvu utež, odvisna od dosežkov in izkušenj igralca pred turnirjem. Pri šahu lahko  $K$  znaša 25, 15 ali 10. Najvišji  $K = 25$  imajo šahisti začetniki, dokler ne odigrajo svoje tridesete ratingirane partije. Nato je njihov  $K = 15$ , lahko pa se zniža na  $K = 10$ , in sicer ko igralec prvič preseže mejo 2400 jakostnih točk ELO. Od takrat naprej je njegov  $K = 10$  in se ne spreminja več (FIDE, 2012).

Pričakovani rezultat igralca na turnirju (lahko tudi v posamezni igri), v enakosti (6.2) je označen z  $w_i^{pri}$ , je tisti člen, ki ga je treba določiti pri novem izračunu jakosti igralca. Vsi ostali parametri v enakosti (6.3) so namreč znani že vnaprej ali so določeni z izidom partije. V enakosti (6.2) je pričakovani rezultat odvisen od jakosti igralca pred igro ( $r_i^{n-1}$ ), jakosti njegovega nasprotnika pred igro ( $r_j^{n-1}$ ), utežne procedure ( $W$ ) in ostalih faktorjev ( $O^{n-1}$ ). Elova originalna ideja upošteva le jakosti obeh nasprotnikov in tako se  $w_i^{pri}$  izračuna kot funkcija razlike med jakostma obeh igralcev. Omenili smo, da je Elo predpostavil jakost obeh igralcev kot normalno porazdeljeni funkciji z istima variancama, vendar zaradi lažjega računanja kumulativno porazdelitveno funkcijo nor-

malne porazdelitve zamenjamo z njeno aproksimacijo – logistično funkcijo. Tako velja

$$f(t) = \frac{1}{1 + 10^{-t/400}}, \quad (6.4)$$

kjer je s  $t = r_i^{n-1} - r_j^{n-1}$  označena razlika v oceni jakosti obeh igralcev v času igranja partije. Predstavljena funkcija nam da pričakovani izid partije v odvisnosti od razlike med jakostma obeh igralcev, pri čemer funkcijska vrednost 1 pomeni zmago, 0 poraz, vrednost 0,5 pa je ekvivalentna neodločenemu izidu ali remiju. Formulo (6.4) lahko razumemo kot posplošitev znanega modela Bradley-Terry (Bradley in Terry, 1952), kjer je v našem primeru mogoč tudi neodločen rezultat.

Šah v kombinatorični teoriji iger razumemo kot igro za dva igralca, pri kateri imata nasprotnika na razpolago različne poteze (vsak igra s svojimi figurami). Uvrščamo ga med igre s popolno informacijo, saj imata oba igralca ves čas igre pregled nad vsemi figurami, tudi nasprotnikovimi. Kljub temu je šah prekompleksen, da bi bilo mogoče najti optimalno strategijo, in ni še znano, kako bi ga lahko igrali popolno (Berlekamp in drugi, 1982). Igralca nista v enakovrednem položaju, saj tisti z belimi figurami igro prične in je v določeni prednosti. Prednost belih figur je med šahisti poznana in zato večina med njimi raje igra prav z njimi. To prednost potrjuje tudi delež zmag z belimi figurami v naši bazi, kjer se je 54,61 odstotka vseh odločenih iger končalo z zmago igralca, ki je vodil bele figure. Med partijami, ki sta jih analizirala Elo (1978) in Glickman (1995) je odstotek dobljenih partij z belimi figurami nekoliko višji (oba poročata o 57 odstotkih dobljenih partij v korist belega). Avtorja v opazovanem obdobju nista imela na voljo podatkov o vseh odigranih partijah, temveč le o odigranih med boljšimi igralci. Znano je, da prednost belih figur narašča z naraščanjem šahovske jakosti (Glickman, 1995), in to je glavni razlog za manjše odstopanje glede na podatke v naši bazi. Porazdelitev partij je v naši bazi glede na rezultat po letih predstavljena v tabeli 6.4, iz katere je razvidno, da je prednost belih figur razmeroma konstantna in se po letih zelo malo spreminja.

V nadaljevanju bomo poskušali prednost belih figur vključiti v izračun šahovske jakosti. V ta namen lahko enakost (6.4) zapišemo v obliki

$$f(r_B, r_C, \alpha) = \frac{1}{1 + 10^{-(r_B - r_C + \alpha)/400}}, \quad (6.5)$$



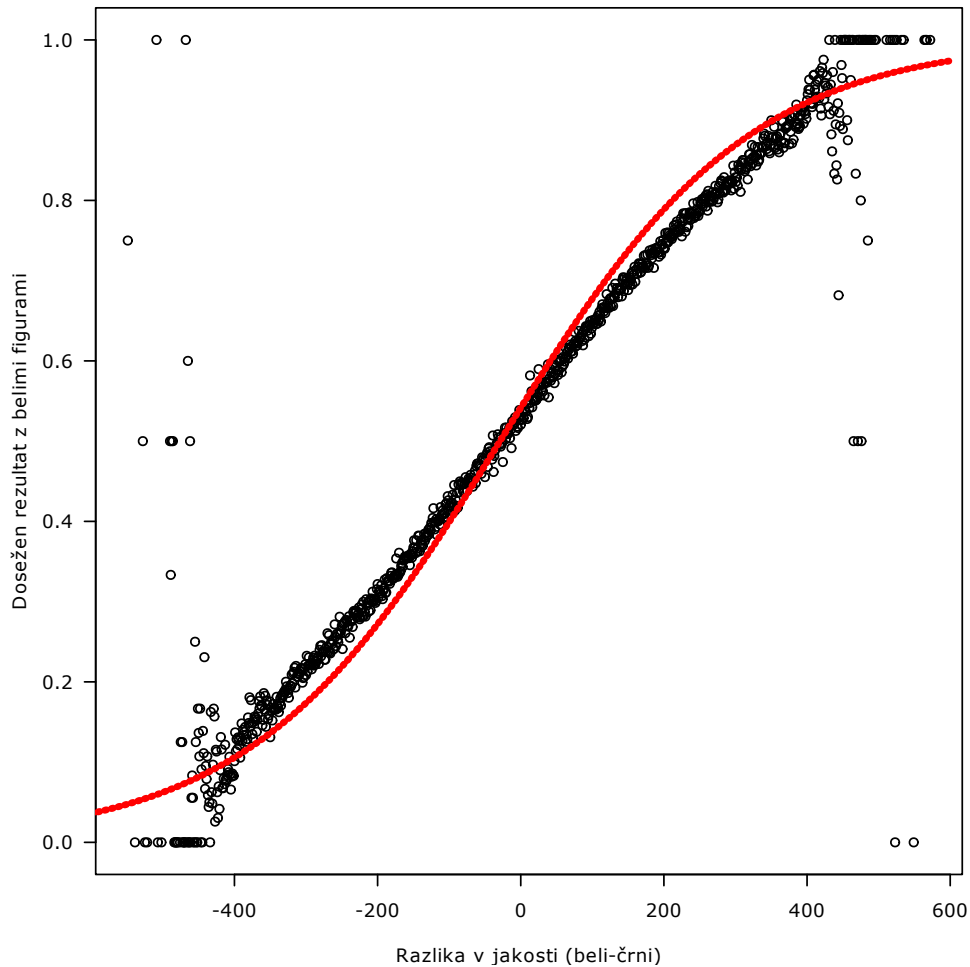
Tabela 6.4: Porazdelitev šahovskih partij glede na rezultat po letih

Leto	Zmagal beli		Zmagal črni		Remi		Skupaj	
	Frekvenca	%	Frekvenca	%	Frekvenca	%	Frekvenca	%
2008	177493	32,15	161068	29,17	213550	38,68	552111	100
2009	194654	32,65	168937	28,34	232589	39,01	596180	100
2010	209465	33,11	175053	27,67	248189	39,23	632707	100
2011	207145	33,77	161185	26,28	245105	39,96	613435	100

kjer je razlika v jakosti igralcev zapisana kot  $r_B - r_C$  (razlika med jakostjo igralca z belimi in igralca s črnimi figurami – v enakosti (6.4) je razlika v jakosti označena s  $t$ , a ni strogo definirana kot razlika v jakosti med igralcem z belimi in igralcem s črnimi figurami), pri čemer je  $\alpha$  neznan parameter, ki ga lahko določimo iz podatkov. Postopek, ki smo ga uporabili za izračun parametra  $\alpha$ , je naslednji. Najprej smo za vse odigrane partije v opazovanem obdobju izračunali razliko med jakostjo obeh igralcev (od jakosti igralca z belimi figurami smo odšteli jakost igralca s črnimi). Za vse dobljene razlike med jakostma para igralcev smo nato izračunali skupni rezultat, ki so ga ustvarili igralci z belimi figurami (pri čemer posamezna zmaga prinaša eno točko, remi pol točke in poraz nič točk), in ga delili s številom vseh odigranih partij pri dani razliki med jakostma obeh igralcev. Tako smo pri vsaki razliki med jakostjo igralcev z belimi in jakostjo igralcev s črnimi figurami dobili neko vrednost na zaprtem intervalu med  $-1$  in  $1$ . Na sliki 6.1 so predstavljeni urejeni pari, kjer je prva komponenta razlika v jakosti igralca z belimi in igralca s črnimi figurami, druga komponenta pa je uspešnost igralcev z belimi figurami. Z metodo najmanjših kvadratov smo določili parameter  $\alpha = 28,99$ . Podoben rezultat smo objavili že v Breznik in Batagelj (2011a, 2010c), kjer je bil parameter  $\alpha = 28,44$  izračunan na manjši bazi podatkov. Funkcija v odvisnosti od razlike med jakostjo obeh nasprotnikov pri  $\alpha = 28,99$  je na sliki 6.1 dodana s pikčasto rdečo črto.

V preteklosti je že nekaj avtorjev poskušalo izboljšati formulo za pričakovani rezultat šahovske partije. Najbolj znana sta poskusa, ki so ju izvedli Glickman in Jones

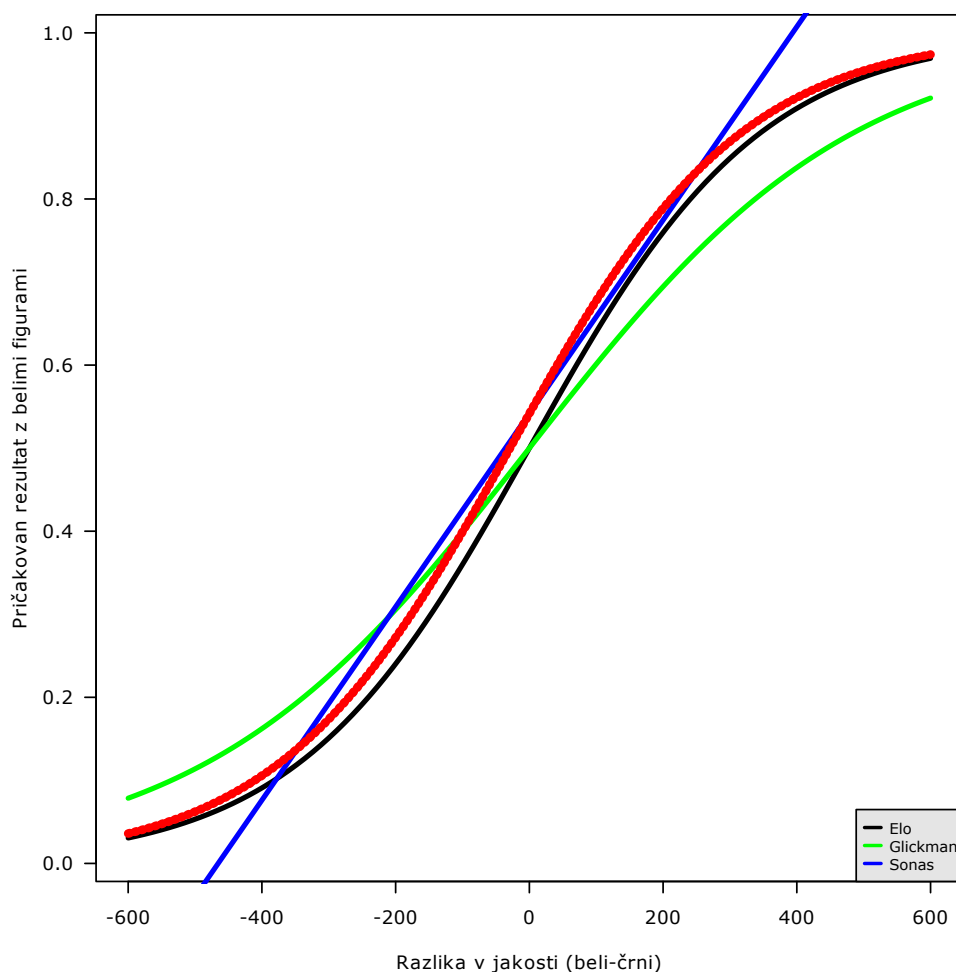
Slika 6.1: Dosežen rezultat igralcev z belimi figurami v odvisnosti od razlike v jakosti obeh igralcev, ki mu je dodana logistična krivulja, ki se podatkom prilaga



(1999) ter Sonas (2002). Zaradi pomanjkanja informacij Glickman in Jones (1999) nista upoštevala prednosti belih figur, čeprav sta se tega zavedala. Njun rezultat  $1/(1 + 10^{-(r_B - r_C)/561})$  je na sliki 6.2 prikazan z zeleno barvo. Simetričnost zelene krivulje prek točke  $(0, 1/2)$  nakazuje neupoštevanje prednosti belih figur. Po drugi strani je Sonas (2002) upošteval prednost belih figur, vendar le pri najboljših igralcih. Pri tem je uporabil enostavnejšo linearno funkcijo in dobil  $0,541767 + 0,001164 \cdot (r_B - r_C)$ , kar je na sliki 6.2 prikazano z modro barvo. Za primerjavo z ostalimi izboljšavami je naša napoved na sliki 6.2 predstavljena z rdečo pikčasto črto.

Za razliko od ostalih športov se je v skoraj štiridesetletni zgodovini ocenjevanja jakosti šahovskih igralcev z načinom ELO na vrhu jakostne lestvice nahajalo le sedem igralcev. Najdemo jih v tabeli 6.5. Najdlje se je na vrhu jakostne lestvice FIDE nahajal

Slika 6.2: Primerjava dosedanjih izboljšav Elovega načina računanja jakosti šahovskih igralcev



Rus Garry Kasparov, in sicer kar 255 mesecev. Dosegel je tudi drugo najvišjo do sedaj izmerjeno šahovsko jakost – 2851 jakostnih točk ELO. To so mu izmerili med julijem 2000 in januarjem 2001. Februarja 2013 ga je prehitel mladi Norvežan Magnus Carlsen (2872 jakostnih točk ELO). Po številu mesecev na vrhu Kasparovu sledi rojak Anatoly Karpov. Med sabo sta ta šahista v osemdesetih letih prejšnjega stoletja odigrala več znamenitih dvobojev. Na tretjem mestu se nahaja še en šahovski velikan Robert James Fischer iz Združenih držav Amerike. Fischer bi se na vrhu šahovske jakostne lestvice obdržal še več časa, a je bil ob njenem začetku že v šahovskem zatonu. Trem velikanom sledijo štirje predstavniki mlajše generacije, ki še vedno tvorijo svetovni vrh, a do sedaj še niso pokazali takšne dominancje kot njihovi predhodniki.

Tabela 6.5: Šahisti, ki so se nahajali na vrhu jakostne lestvice ELO

Igralec	Država	Prvič na vrhu	Meseci na vrhu	Najvišja jakost
Garry Kasparov	RUS*	Januar 1984	255	2851
Anatoly Karpov	RUS*	Januar 1976	90	2780
Robert Fischer	USA	Julij 1971	54	2785
Veselin Topalov	BGR	April 2006	27	2813
Viswanathan Anand	IND	April 2007	21	2817
Magnus Carlsen**	NOR	Januar 2010	18	2843
Vladimir Kramnik	RUS	Januar 1996	9	2809

\* Kasparov in Karpov sta igrala tudi za nekdanjo Sovjetsko zvezo.

\*\* Carlsen se je nahajal na vrhu lestvice tudi na koncu leta 2011.

#### 6.1.4 Nogomet

Čeprav se nogometne reprezentance uradno razvrščajo po jakosti šele zadnjih dvajset let, je ideja o razvrščanju nogometnih moštev (ekip na splošno in ne le reprezentanc) zelo stara in sega v prvo polovico 19. stoletja. Churchill (1958) je poročal, da so bile začetne ideje o rangiranju nogometnih moštev prevzete po kriketu in bejzbolu. Toda pravi poskusi za razvrščanje reprezentanc so se pričeli šele v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Nekoliko kasneje, avgusta leta 1993, so poskusi privedli do predstavitve lastnega načina ocenjevanja jakosti uradne svetovne nogometne organizacije (FIFA). Glavna pomanjkljivost (ali očitek) prvega načina ocenjevanja jakosti pri nogometu je bila, da metodologije za izračun jakosti FIFA ni nikoli javno objavila. Metoda je temeljila na porazdelitvi dveh točk med obe ekipi, ki sta odigrali tekmo (ekipa je prejela dve točki za zmago, eno točko za neodločen rezultat in nobene točke za poraz). Začetnim točkam so nato dodajali ali odvezemali dodatne glede na število doseženih zadetkov, bonus za gostujočo ekipo, na pomembnost srečanja, moč konfederacije, iz katere sta prihajali ekipi, in na časovno obdobje odigrane tekme. Če je ekipa po upoštevanju vseh faktorjev dobila negativni seštevek, so ga zaokrožili na 0. V vsakem 12-mesečnem obdobju so vsoto točk pomnožili z utežjo, pri čemer je bila utež dvojna za osem najboljših rezultatov. Reprezentance, ki so odigrale manj kot osem srečanj,

so bile točkovno kaznovane. Zelo podoben, le nekoliko spremenjen sistem je FIFA uporabljala od leta 1999 do konca svetovnega nogometnega prvenstva leta 2006. Tudi metodologije izračuna točk v tej drugi verziji FIFA ni objavila. Nekaj podrobnosti do sedaj uporabljenih načinov ocenjevanja jakosti med reprezentancami v nogometu je predstavljenih v tabeli 6.6.

Tabela 6.6: Pregled vseh treh načinov ocenjevanja jakosti (FIFA)

Kriterij	Način		
	1993 (originalni)	1999 (spremenjeni)	2006 (nov)
Rezultat	2 za zmago, 1 za neodločen rezultat, 0 za poraz	2 za zmago, 1 za neodločen rezultat, 0 za poraz	3 za zmago, 1 za neodločen rezultat, 0 za poraz
Jakost nasprotnika	Zgornje točke se prilagodijo glede na moč nasprotnika. Vsota točk obeh nasprotnikov je enaka 2.	Zgornje točke se prilagodijo glede na moč nasprotnika. Vsota točk obeh nasprotnikov je enaka 2.	Utež med 0,5 in 2.
Število zadetkov	Zgornje točke se prilagodijo glede na število doseženih in prejetih zadetkov. Vsota ni več nujno enaka 2.	Zgornje točke se prilagodijo glede na število doseženih in prejetih zadetkov. Vsota ni več nujno enaka 2.	Ni vsebovano.
Mesto igranja	0,3 dodatne točke za gostujoče moštvo	0,3 dodatne točke za gostujoče moštvo	Ni vsebovano.
Pomembnost dvoboja	Utež med 1 (prijateljski dvoboj) in 1,5 (finale svetovnega prvenstva)	Utež med 1 (prijateljski dvoboj) in 1,5 (finale Svetovnega prvenstva).	Utež med 1 (prijateljski dvoboj) in 4 (finale svetovnega prvenstva)
Regionalna jakost	Utež med približno 0,84 in 1,5 glede na medkonfederacijske dvoboje v prejšnjem letu	Utež med približno 0,84 in 1,5 glede na medkonfederacijske dvoboje v prejšnjem letu med 25 % najuspešnejših moštev v obeh confederacijah	Utež med 0,85 in 1,5 glede na medkonfederacijske dvoboje na zadnjih treh svetovnih prvenstvih.
Negativne točke	Zaokrožijo na 0.	Zaokrožijo na 0.	Niso mogoče.
Časovno obdobje	Zadnjih 6 let z utežmi od 6 do $\frac{1}{6}$ .	Zadnjih 8 let z utežmi od 8 do $\frac{1}{8}$ .	Zadnja 4 leta z utežmi 1; 0,5; 0,3; 0,2.
Število dvobojev	Uteženo povprečje vseh dvobojev v zadnjem letu, kjer je najboljših 8 rezultatov dvojno uteženih. Minimalno 8 dvobojev.	Uteženo povprečje vseh dvobojev v zadnjem letu, kjer je najboljših 7 rezultatov dvojno uteženih. Minimalno 7 dvobojev.	Povprečje vseh dvobojev v zadnjem letu. Minimalno 5 dvobojev.
Multiplikativni faktor	1	10	100
Mehanizem stabilnosti	Ne.	Da.	Ne.

Vir: Stefani in Pollard (2007)

Sistem, predstavljen po svetovnem nogometnem prvenstvu leta 2006, se od prejšnjih dveh precej razlikuje. FIFA je za ta sistem prvič objavila tudi metodologijo izračuna točk (FIFA, 2006). Ekipe ima na začetku izračuna 3, 1 ali 0 točk (zmaga, neodločen rezultat ali poraz). Dobljene točke se nato pomnožijo s tremi multiplikativnimi utežmi, ki predstavljajo jakost nasprotnika, pomembnost dvoboja in jakost konfederacije. V trenutni verziji se ne upošteva prednost domačega igrišča in število doseženih ter prejetih zadetkov. Število let, ko se upoštevajo rezultati, je znižano na štiri, pomembnejši kot v prejšnjih dveh verzijah so trenutni rezultati. Minimalno število tekem v dvanajstmesecnem obdobju je znižano na pet. Veliko strokovnjakov se strinja, da je zadnja verzija precej izboljšana, a sta Stefani in Pollard (2007) kljub vsemu zapisala nekaj pomanjklivosti:

- Poraz je vedno ovrednoten z 0 točkami ne glede na rezultat. Tako je vseeno, ali reprezentanca izgubi proti najboljši reprezentanci na trenutni jakostni lestvici s 4 : 5, ali proti zadnjeuvrščeni na lestvici z 0 : 3.
- Prednost domačega terena ni upoštevana.
- Pomanjkljivosti so tudi pri določanju uteži glede na pomembnost srečanja. Reprezentance, ki gostijo naslednje svetovno nogometno prvenstvo, lahko v nekem obdobju igrajo le manj pomembne prijateljske tekme (domačini ne igrajo kvalifikacij za svetovno nogometno prvenstvo) in so tako potencialno prikrajšane za večje število točk na lestvici.
- Nerazumljivo je vztrajanje pri faktorju regionalne jakosti oziroma jakosti konfederacij.
- Zmaga in poraz po regularnem delu srečanja in po podaljških sta ovrednotena enako.
- Določene podrobnosti niso upošteevane, na primer število doseženih zadetkov obeh nasprotnikov.

Nogometne jakostne lestvice reprezentanc v okviru organizacije FIFA se objavljajo praviloma mesečno, razen v obdobjih, ko to ni smiselno (ko poteka večje tekmovanje, kot je na primer svetovno nogometno prvenstvo). Na vrhu jakostnih lestvic se je od začetka objavljanja avgusta 1993 do konca leta 2011 znašlo le sedem reprezentanc. Najdlje časa je bila na vrhu Brazilija (151 tednov), sledijo Španija (33), Francija (13), Argentina (10), Italija (6), Nemčija (5) in Nizozemska (1). Izračunana jakost reprezentanc v nogometu je za reprezentance precejšnjega pomena, saj se uporablja za določanje nosilcev na največjih tekmovanjih, kot je svetovno nogometno prvenstvo in prvenstva po konfederacijah (evropsko, ameriško itd.). Pomembna je tudi za določanje nosilcev skupin v kvalifikacijah za največja tekmovanja. Na podlagi uvrstitev na jakostni lestvici organizacija FIFA vsako leto podeli dve nagradi, in sicer za najboljšo ekipo leta in za ekipo, ki je v zadnjem letu najbolj napredovala.

### 6.1.5 Košarka in roket

V teh športih sta načina ocenjevanja jakosti najslabše razvita, zato ju predstavljamo v istem razdelku. Svetovna košarkarska organizacija FIBA na svoji spletni strani poudarja, da je izračun jakosti reprezentanc primarno namenjen promociji. Način ocenjevanja jakosti reprezentanc, ki ga pri košarki uporablja FIBA, uvrščamo med ocenjevanja s prištevanjem. Za izračun štejejo le uradna prvenstva, to so svetovno košarkarsko prvenstvo in olimpijske igre ter prvenstva po celinah. Utežni koeficient  $W$  (glej enakost (6.1)) je porazdeljen na naslednji način. Svetovno prvenstvo in olimpijske igre imata najvišji koeficient z vrednostjo 5, koeficienti po kontinentalnih prvenstvih pa so: 1 za evropsko prvenstvo,  $4/5$  za prvenstvo Amerike,  $3/10$  za prvenstvo Azije,  $1/5$  za prvenstvo Afrike in  $1/10$  za prvenstvo Oceanije. Na vsakem tekmovanju dobi reprezentanca za zlato medaljo 50 točk, za srebrno 40, za bronasto 30 itd. Točke se nato množijo z omenjenimi koeficienti. Za objavo na jakostni lestvici štejejo rezultati v ciklusu zadnjih dveh olimpijskih iger (kar ustreza obdobju osmih let), nov rezultat iz neke kategorije (olimpijske igre in svetovna košarkarska prvenstva potekajo vsaka štiri leta, štiri prvenstva na vsaki izmed celin vsaki dve leti) izbriše najstarejšega v tej kategoriji. Z osemletnim obdobjem pridobivanja točk ima košarka najdaljšo dobo med vsemi načini, ki uporabljajo ocenjevanje s prištevanjem.

Na vrhu košarkarske jakostne lestvice sta se na koncu leta 2011 premočno nahajali reprezentanci Združenih držav Amerike in Španije. Način ocenjevanja pri košarki je sicer zelo enostaven in pregleden, a je to med drugim tudi posledica nekaterih njegovih očitnih pomanjkljivosti. Pri izračunu jakosti tako niso upoštevane prijateljske tekme in kvalifikacijske tekme za nastop na največjih tekmovanjih. Menimo, da se tudi na teh tekmah pokaže jakost košarkarskih reprezentanc in bi zato morale biti upoštevane v izračunu, vendar zaradi svoje manjpomembnosti z nižjimi multiplikativnimi faktorji. Prav tako so pri sedanjem načinu favorizirane reprezentance iz košarkarsko razvitejših celin, saj lahko dosežejo več jakostnih točk.

Svetovna roketna organizacija IHF objavlja le jakostno lestvico, nikjer pa ni mogoče zaslediti, kako so ekipe točke zaslužile. Na vrhu moške roketne jakostne lestvice je bila na koncu leta 2011 reprezentanca Nemčije, sledile so Švedska, Rusija in Danska.

## 6.2 Predstavitev načinov ocenjevanja jakosti akterjev v omrežjih

### 6.2.1 Algoritem PageRank

Algoritem PageRank je poznan v svetu računalništva, saj ga za svoje delovanje uporablja Googlov iskalnik. Avtorja algoritma sta Sergey Brin in Larry Page (Brin in Page, 1998). V originalu je bil napisan za rangiranje enot v bibliometričnih omrežjih. Temelji na predpostavki, da je pomembnost članka odvisna od števila citatov, ki jih ima članek v ostalih člankih. Brin in Page sta to dejstvo prenesla na spletne strani, pomembnost posamezne spletne strani lahko ocenimo s številom hiperpovezav, ki vodijo do te spletne strani od ostalih spletnih strani.

Naj bo  $\mathcal{N} = (\mathcal{V}, \mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{W})$  omrežje z  $n$  točkami. Algoritem PageRank priredi vsaki točki danega omrežja neko nenegativno realno število  $R(i)$  z lastnostjo, da je  $R(1) + R(2) + \dots + R(n) = 1$ . Povedano drugače, algoritem točkam v omrežju priredi verjetnostno porazdelitev. Označimo s  $P_i$  (z  $O_i$ ) množico točk, ki so povezane s točko  $i$  in imajo v  $i$  končno (začetno) točko. Naj  $|P_i|$  oziroma  $|O_i|$  predstavljata moč obeh množic, ki ju imenujemo tudi vhodna oziroma izhodna stopnja točke  $i$  (glej podpoglavje 3.2). V osnovni verziji je algoritem opisan z enakostjo:

$$R(i) = \sum_{v \in P_i} \frac{R(v)}{|O_v|}. \quad (6.6)$$

Algoritem PageRank vrednost vsake točke enakomerno razporedi med vse točke, ki so z neko točko povezane in tvorijo konec usmerjene povezave.

Postopek lahko predstavimo tudi v matrični obliki. Naj bo matrika  $\mathbf{A}_{n \times n}$  definirana na naslednji način:

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{|O_j|} & \text{obstaja povezava od } j \text{ do } i; \\ 0 & \text{sicer.} \end{cases} \quad (6.7)$$

Enakost (6.6) lahko sedaj zapišemo v obliki:

$$R(i) = \sum_{j=1}^n a_{i,j} \cdot R(j). \quad (6.8)$$



Če z  $\vec{R}$  označimo vektor vseh vrednosti točk v omrežju, dobljenih z algoritmom PageRank, lahko enakost (6.8) zapišemo kot  $\vec{R} = \mathbf{A} \cdot \vec{R}$ , kjer je  $\mathbf{A}$  opisana matrika velikosti  $n \times n$ . Zadnjo enakost prevedemo na reševanje linearnega sistema  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})\vec{R} = 0$ , kjer je  $\mathbf{I}$  identična matrika velikosti  $n \times n$ . Reševanje sistema je olajšano, saj je matrika  $\mathbf{A}$  *stohastična matrika*. Gre za matrike, pri katerih je vsota vsake vrstice (ali vsakega stolpca) enaka 1. Po *Perron-Frobeniusovem* izreku (Meyer, 2000) imajo stohastične matrike največjo lastno vrednost enako 1. Normalizirane komponente lastnega vektorja pri tej lastni vrednosti so ravno iskane vrednosti algoritma PageRank.

Vpeljimo še razširitev problema. V omrežju se lahko pojavijo točke, ki imajo le vstopajoče povezave. Problem rešimo tako, da lahko dodatno iz vsake točke v omrežju dostopamo do vseh ostalih točk, vendar moramo paziti, da matrika (v enakosti (6.7)) ostane stohastična. Tako sta v osnovnem problemu z internetnimi stranmi in internetnimi omrežji Brin in Page vpeljala še *faktor dušenja* (ang. damping factor)  $d$ , ki je vedno z odprtega intervala med 0 in 1. Posplošena matrična enačba je oblike  $\vec{R} = \mathbf{P} \cdot \vec{R}$ , kjer so vrednosti matrike  $\mathbf{P}$  določene kot:

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{d}{|O_j|} + \frac{1-d}{n} & \text{obstaja povezava od } j \text{ do } i; \\ \frac{1-d}{n} & \text{sicer.} \end{cases} \quad (6.9)$$

Matrika  $\mathbf{P}$  je stohastična in zato sestavljajo normalizirane komponente njenega lastnega vektorja pri lastni vrednosti 1 verjetnostno porazdelitev, ki ustreza algoritmu PageRank. Faktor dušenja je bil predmet številnih raziskav (Brin in Page, 1998), avtorji se strinjajo, da je njegovalna najprimernejša vrednost pri  $d = 0,85$ .

Algoritem PageRank bomo v nadaljevanju tega podpoglavja uporabili za razvrščanje teniških igralcev in igralk po teniških podlagah in v razdelku 7.1.2 glede na roko, s katero držijo lopar pri igri tenisa.

### **Vpliv teniške podlage na merjenje jakosti akterjev v teniških omrežjih**

Čeprav mnogi avtorji poročajo o vplivu podlage na teniško igro in posledično na rezultat (O'Donoghue in Ingram, 2001; Collinson in Hughes, 2003; Fernandez in drugi, 2006), pri merjenju jakosti na trenutnih teniških jakostnih lestvicah vpliv podlage ni upoštevan. Collinson in Hughes (2003) sta ugotovila, da se na počasnih podlagah,

kot so peščena teniška igrišča, igrajo daljše izmenjave in daljši dvoboji. Nas bo zanimalo, ali se jakost profesionalnih teniških igralcev v relativno kratkem obdobju enega leta razlikuje glede na vrsto podlage in ali so na koncu leta na vrhu teniških jakostnih lestvic različnih podlag isti igralci. Ker teniške organizacije ne vodijo jakostnih lestvic za posamezne podlage posebej, bomo za merjenje jakosti uporabili algoritem PageRank in v ta namen najprej definirali usmerjena teniška omrežja.

Akterji v omrežjih naj bodo teniški igralci oziroma igralka, ki so v opazovanem obdobju odigrali(e) vsaj en dvoboj. Relacija naj bo določena z *je izgubil*; dobljena omrežja so usmerjena, povezava vodi od igralca, ki je izgubil dvoboj, k igralcu, ki je v dvoboju zmagal. Če odstranimo večkratne povezave in jih nadomestimo s povezavo, ki ima za utež število večkratnih povezav med točkama v prvotnem omrežju, omrežje postane uteženo. Predstavljamo si lahko, da vsak akter v teniškem omrežju predstavlja neko enoto teniške jakosti, ki nato potuje po omrežju po uteženih usmerjenih povezavah (Radicchi, 2011). Algoritem PageRank temelji na predpostavki, da je jakost vsakega igralca/igralka v omrežju mogoče določiti s številom zmag, ki jih je ta dosegel nad ostalimi akterji v omrežju. Še več, zmage proti boljšim nasprotnikom so pomembnejše in k jakosti prispevajo več kot zmage proti slabšim nasprotnikom.

Faktor dušenja smo postavili na  $d = 0,85$  in nato določili deset najboljših teniških igralcev in igralk leta 2011 na vseh podlagah skupaj ter ločeno po vseh štirih teniških podlagah – peščeni, trdi podlagi, travi in tepihu. Za primerjavo smo v tabelah 6.7 in 6.9 dodali še stolpec, v katerem so zapisani najboljši igralci in igralka leta 2011 na jakostni lestvici ATP/WTA.

V tabeli 6.7 vidimo absolutno dominacijo Srba Novaka Djokovića leta 2011, in sicer se je na koncu tega leta nahajal na prvem mestu jakostne lestvice ATP in na prvem mestu jakostne lestvice, določene s pomočjo algoritma PageRank za vse podlage skupaj. Prav tako ga je algoritem PageRank uvrstil na prvo mesto na trdih in na travnatih podlagah, na pesku je zasedal drugo mesto. Rafael Nadal je bil prepoznan za najboljšega igralca leta 2011 na peščenih podlagah, kar seveda ni presenetljivo, saj velja za specialista na tovrstnih igriščih. Razvrstitev teniških igralcev, ki so leta 2011 igrali na tepihu, govori o tem, da najboljši igralci na tej podlagi praktično ne nastopajo več.

Tabela 6.7: Jakostne lestvice najboljših teniških igralcev leta 2011

	ATP	PR – skupaj	PR – pesek	PR – trda	PR – trava	PR – tepih
1	Djoković	Djoković	Nadal	Djoković	Djoković	Ram
2	Nadal	Nadal	Djoković	Federer	Nadal	Bemelmans
3	Federer	Federer	Federer	Tsonga	Tsonga	Meffert
4	Murray	Murray	Ferrer	Murray	Murray	Kravchuk
5	Ferrer	Ferrer	Melzer	Ferrer	Lopez	Seifert
6	Tsonga	Tsonga	Gasquet	Berdych	Stepanek	Mertl
7	Berdych	Berdych	Almagro	Del Potro	Roddick	Brands
8	Fish	Del Potro	Mayer	Nadal	Tomic	Bozoljac
9	Tipsarević	Tipsarević	Berlocq	Tipsarević	Federer	Kapac
10	Almagro	Fish	Junqueira	Fish	Del Potro	Eaton

Jakostne lestvice po posameznih podlagah nam razkrijejo igralce, ki se bolje znajdejo na podlagah določene vrste. Na peščenih igriščih med desetimi najboljšimi najdemo južnoameriške specialiste za tovrstno podlago, Leonarda Mayerja, Carlosa Berlocqa in Diega Junqueira, ki sicer ne sodijo v sam svetovni teniški vrh. Na travi vedno dobro igra Andy Roddick iz Združenih držav Amerike, ob njem pa izstopa še mlad Avstralec hrvaškega porekla, Bernard Tomic.

S pomočjo Spearmanovega koeficienta korelacije rangov smo izračunali povezanost med uvrstitvami igralcev na jakostnih lestvicah. V tabeli 6.8 smo prikazali vrednost omenjenega koeficienta za povezave med vsemi jakostnimi lestvicami pri moških leta 2011. Torej med jakostno lestvico ATP in vsemi jakostnimi lestvicami (za vse igre skupaj in po različnih podlagah), določenimi s pomočjo algoritma PageRank. Zaradi različnega števila teniških igralcev na posameznih jakostnih lestvicah smo se omejili le na uvrstitve prvih 1000 igralcev.

Najmočnejša je povezava med jakostno lestvico ATP in jakostno lestvico, ki jo je algoritem PageRank določil za odigrane igre na vseh podlagah. Prav tako so vse preostale povezave z jakostno lestvico ATP pozitivne, a precej nižje, kar nakazuje, da se vrstni

Tabela 6.8: Spearmanov koeficient korelacije med jakostnimi lestvicami pri moških leta 2011

	ATP	PR – skupaj	PR – pesek	PR – trda	PR – trava	PR – tepih
ATP	-	-	-	-	-	-
PR – skupaj	0,88**	-	-	-	-	-
PR – pesek	0,39**	0,70**	-	-	-	-
PR – trda	0,58**	0,70**	0,17**	-	-	-
PR – trava	0,36**	0,44**	0,02	0,48**	-	-
PR – tepih	0,43**	0,39**	-0,02	0,34**	0,07	-

\*  $p < 0,05$

\*\*  $p < 0,001$

red igralcev po podlagah spreminja. Najnižji je Spearmanov korelacijski koeficient rangov pri travnati podlagi in pri tepihu, saj nikoli ne preseže vrednosti 0,5.

Tabela 6.9: Jakostne lestvice najboljših teniških igralk leta 2011

	WTA	PR – skupaj	PR – pesek	PR – trda	PR – trava	PR – tepih
1	Wozniacki	Kvitova	Li	Stosur	Kvitova	Keothavong
2	Kvitova	Zvonareva	Goerges	Kvitova	Lisicki	Gatto-Monticone
3	Azarenka	Wozniacki	Kvitova	Zvonareva	Cibulkova	Tanasugarn
4	Sharapova	Bartoli	Stosur	Radwanska	Marino	Gronert
5	Li	Stosur	Lisicki	Wozniacki	Daniilidou	Kania
6	Stosur	Azarenka	Sharapova	Petković	Adamczak	Quercia
7	Zvonareva	Petković	Azarenka	Azarenka	Makarova	Barbat
8	Radwanska	Radwanska	Garrigues	Bartoli	Foretz Gacon	De Lattre
9	Bartoli	Sharapova	Begu	Pennetta	Kirilenko	Čurović
10	Petković	Li	Wozniacki	Pavlyuchenkova	Stosur	Zahlavova

Pri ženskah je bilo razmerje jakosti teniških igralk po posameznih podlagah leta 2011 precej bolj razgibano. Jakostna lestvica organizacije WTA je na prvo mesto uvrstila

Danko Caroline Wozniacki, a algoritem PageRank je najvišje uvrstil Čehinjo Petro Kvitovo, ki je na jakostni lestvici WTA zasedala drugo mesto. Na peščeni podlagi na vrhu (tabela 6.9) najdemo Kitajko Na Li, ki je leta 2011 osvojila Roland Garros. Na trdi podlagi se je po algoritmu PageRank na prvo mesto uvrstila Avstralka Samantha Stosur, ki je leta 2011 osvojila Odprto prvenstvo Združenih držav Amerike (US Open). To prvenstvo se igra na trdi podlagi. Levičarka Petra Kvitova je v opazovanem letu osvojila Wimbledon in je na prvem mestu med teniškiimi igralkami na travnati podlagi. Za igro na tepihu velja ista ugotovitev kot pri moških, najboljše igralko na tej podlagi preprosto ne nastopajo več.

Tabela 6.10: Spearmanov koeficient korelacije med jakostnimi lestvicami pri ženskah leta 2011

	WTA	PR – skupaj	PR – pesek	PR – trda	PR – trava	PR – tepih
WTA	-	-	-	-	-	-
PR – skupaj	0,85**	-	-	-	-	-
PR – pesek	0,30**	0,76**	-	-	-	-
PR – trda	0,62**	0,78**	0,38**	-	-	-
PR – trava	0,23*	0,43**	0,32*	0,33*	-	-
PR – tepih	0,33*	0,23*	0,06	0,09	0,10	-

\*  $p < 0,05$

\*\*  $p < 0,001$

Jakostna lestvica ATP in algoritem PageRank sta v tabeli 6.7 na prvih sedem mest razvrstila iste teniške igralce, in to celo v istem vrstnem redu. Pri ženskah v tabeli 6.9 je vseh deset teniških igralk na jakostni lestvici WTA istih kot v razvrstitvi, dobljeni z algoritmom PageRank, vendar v nekoliko spremenjenem vrstnem redu. Oboje nam skupaj z visoko vrednostjo Spearmanovega koeficienta korelacije med jakostno lestvico ATP in jakostno lestvico algoritma PageRank za vse igre (tabeli 6.8 in 6.10) potrjuje uporabnost algoritma PageRank za merjenje jakosti teniških igralcev oziroma igralk. Prav tako izračunani koeficienti korelacije nakazujejo, da bi bilo treba jakostne lestvice pri

tenisu računati za vsako podlago posebej.

V nadaljevanju bomo razčlenili podatke v tabelah 6.11 in 6.12 o najboljših teniških igralcih in igralkah na jakostnih lestvicah po posameznih podlagah od vključno leta 2001 do vključno leta 2011.

Tabela 6.11: Najboljši teniški igralci na jakostnih lestvicah v zadnjem desetletju po letih in podlagah

Leto	ATP	PR – skupaj	PR – pesek	PR – trda	PR – trava	PR – tepih
2011	Djoković	Djoković	Nadal	Djoković	Djoković	Ram
2010	Nadal	Nadal	Nadal	Federer	Nadal	Brown
2009	Federer	Djoković	Nadal	Djoković	Federer	Kontinen
2008	Nadal	Nadal	Nadal	Djoković	Nadal	Beck
2007	Federer	Nadal	Federer	Federer	Gasquet	Evans
2006	Federer	Nadal	Nadal	Federer	Federer	Davydenko
2005	Federer	Federer	Nadal	Safin	Federer	Ljubičić
2004	Federer	Federer	Gaudio	Federer	Federer	Youzhny
2003	Roddick	Federer	Moya	Roddick	Federer	Pavel
2002	Hewitt	Hewitt	Ferrero	Hewitt	Hewitt	Mathieu
2001	Hewitt	Hewitt	Kuerten	Hewitt	Hewitt	Federer

Kot smo videli že pri analizi tabel 6.7 in 6.9, najboljši teniški igralci in igralka na tepihu ne nastopajo več in zato te podlage v nadaljevanju ne bomo več omenjali. Kljub premoči Nadala in predvsem Federerja nobeden od njiju ni uspel v opazovanem obdobju v nobenem letu hkrati osvojiti prvih mest na vseh treh preostalih podlagah, na pesku, na trdi podlagi in na travi. Poleg njiju sta bila zelo blizu še Avstralec Lleyton Hewitt leta 2001 in 2002 ter Novak Djoković leta 2011. Zelo pomembna je ločena jakostna lestvica na peščenih igriščih, saj se razen Nadala, ki mu je to uspelo v letih 2006, 2008 in 2010, noben igralec ni nahajal hkrati na vrhu skupne jakostne lestvice in jakostne lestvice peščenih igrišč.

Največjo premoč v ženski konkurenci je leta 2002 pokazala mlajša od sester Williams,

Serena, ki je bila na vrhu v vseh kategorijah razen na tepihu. Tudi v ženski konkurenci lahko brez dvoma ugotovimo, da se jakostne lestvice igralk po podlagah razlikujejo in bi jih bilo zato smiselno voditi posebej. Prikazane teniške jakostne lestvice po posameznih podlagah v moški in ženski konkurenci potrjujejo, da je treba v športih upoštevati določene značilnosti v vsakem dvoboju posebej. Pri tenisu je ena izmed teh prav gotovo podlaga, na kateri se igra dvoboj.

Tabela 6.12: Najboljše teniške igralko na jakostnih lestvicah v zadnjem desetletju po letih in podlagah

Leto	WTA	PR – skupaj	PR – pesek	PR – trda	PR – trava	PR – tepih
2011	Wozniacki	Kvitova	Li	Stosur	Kvitova	Keothavong
2010	Wozniacki	Zvonareva	Williams V.	Clijsters	Williams S.	Paszek
2009	Williams S.	Williams S.	Kuznetsova	Williams S.	Williams S.	Zahlavova
2008	Janković	Janković	Safina	Janković	Williams V.	Barrois
2007	Henin	Henin	Kuznetsova	Williams S.	Bartoli	Petrova
2006	Henin	Henin	Henin	Henin	Mauresmo	Mauresmo
2005	Davenport	Clijsters	Henin	Clijsters	Williams V.	Safina
2004	Davenport	Mauresmo	Mauresmo	Kuznetsova	Sharapova	Myskina
2003	Henin	Henin	Dementieva	Clijsters	Williams S.	Mauresmo
2002	Williams S.	Williams S.	Williams S.	Williams S.	Williams S.	Henin
2001	Davenport	Williams V.	Mauresmo	Williams V.	Williams V.	Williams S.

## 6.2.2 Kazala in viri

Zelo znani meri pomembnosti na usmerjenih omrežjih (podpoglavje 3.1) dobimo z metodo *kazal* in *virov* (ang. hubs and authorities). Za vrednotenje strani svetovnega spleta jo je razvil Jon M. Kleinberg (Kleinberg, 1999). Predlagal je model, ki v medmrežju identificira pomembne, avtoritativne spletne strani, tj. strani z zelo široko iskalno tematiko, in jih poimenoval kazala (ang. hubs). Spletne strani, ki vodijo do veliko kazal, je imenoval viri (ang. authorities). Kazala in viri so povezani v nekakšen medsebojno vzajemen odnos. Dobra kazala so točke, ki kažejo na veliko dobrih virov,

po drugi strani pa so dobri viri tiste točke, na katere kaže veliko dobrih kazal.

Naj bo  $\mathcal{N} = (\mathcal{V}, \mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{W})$  omrežje z  $n$  točkami in podobno kot v razdelku 6.2.1 s  $P_i$  (z  $O_i$ ) označimo množico točk, ki so povezane s točko  $i$  in imajo v  $i$  končno (začetno) točko. Naj bosta  $y(i)$  in  $x(i)$  kakovost kazala in kakovost vira neke poljubne točke  $i$  v omrežju  $\mathcal{N}$ . Potem velja:

$$x(i) = \sum_{v \in O_i} y(v) \quad \text{in} \quad y(i) = \sum_{v \in P_i} x(v). \quad (6.10)$$

Z  $\mathbf{W}$  označimo matriko omrežja  $\mathcal{N}$ , definirano z

$$w_{ij} = \begin{cases} w(i, j) & \text{obstaja povezava od } i \text{ do } j; \\ 0 & \text{sicer,} \end{cases} \quad (6.11)$$

kjer je z  $w(i, j)$  označena vrednost uteži na usmerjeni povezavi med  $i$  in  $j$ . Zvezi v enakosti (6.10) lahko zapišemo v vektorski obliki:

$$\vec{x} = \mathbf{W}^T \vec{y} \quad \text{in} \quad \vec{y} = \mathbf{W} \vec{x}. \quad (6.12)$$

Metodo kazal in virov pričnemo z vektorjem  $\vec{y} = [1, 1, \dots, 1]^T$  in nato po obeh zvezah v (6.12) zaporedoma izračunamo nove približke za vektorja  $\vec{y}$  in  $\vec{x}$ , ki ju na vsakem koraku še normaliziramo. Ker opisani postopek konvergira, ga ponavljamo, dokler se vektorja ne ustalita.

V (usmerjenih) dvovrstnih omrežjih so povezave usmerjene le iz prve množice v drugo množico. Posledično točke iz prve množice ne morejo biti dobri viri in točke iz druge množice ne morejo biti dobra kazala. Tako vsaki točki v dvovrstnem omrežju priredimo le eno vrednost in ne dveh, kot je to primer v enovrstnih omrežjih.

V Kleinberg (1999) je opisana tudi osnovna razlika med metodo kazal in virov ter algoritmom PageRank. Algoritem PageRank najprej izračuna mesto na lestvici za vse točke v omrežju (v originalni verziji za vse spletne strani). Dobljena lestvica je nato uporabljena za naknadno razvrščanje glede na željeno tematiko (iskanje po ključnih besedah). Metoda kazal in virov se po drugi strani najprej sklicuje na iskanje po ključnih besedah in šele nato izračuna vrednosti točk na relativno malem podgrafu, konstruiranem glede na rezultate iskanja po ključnih besedah.



Obe različici metode kazal in virov bomo uporabili v podpoglavjih naslednjega poglavja, metodo za enovrstna omrežja v razdelku 7.1.5 in metodo za dvovrstna omrežja v razdelku 7.2.2.

## 7 Analiza drugih športnih omrežij

V poglavju 5 smo analizirali omrežja, na katerih je bila definirana relacija *je igral proti*, in jih poimenovali omrežja iger. V tem poglavju bomo analizirali nekatera druga športna omrežja, ki jih lahko z vpeljavo različnih relacij skonstruiramo iz podatkov o športnih igrah in šahu. Med podatki v naši bazi so za tovrstno analizo zelo primerni podatki o teniških dvobojih in nogometnih srečanjih. To je glavni razlog, da smo v nadaljevanju večino razdelkov namenili tema športoma. Poglavje smo razdelili na analizo enovrstnih in analizo dvovrstnih omrežij.

### 7.1 Enovrstna omrežja

#### 7.1.1 Omrežje predanih dvobojev v profesionalnem tenisu

Predani dvoboji v profesionalnem tenisu so pogosto tesno povezani s poškodbami. V teniškem slovarju je *predaja dvoboja* (ang. retirement) definirana kot igralčev umik med dvobojem, po navadi zaradi poškodbe, s katerim igralec izgubi mesto na turnirju. Podobno je v desetem poglavju ATP-jeve knjige pravil za leto 2011 navedeno, da je dvoboj uradno predan (ang. retired), ko igralec pričetega dvoboja zaradi bolezni ali poškodbe ne more več nadaljevati. V tem podpoglavju bomo raziskali, kako lastnosti igralcev in lastnosti dvobojev vplivajo na število oziroma delež predanih dvobojev med teniškiimi profesionalci oziroma profesionalkami. Podrobnejšo analizo sta za igre med moškimi profesionalci med letoma 1968 in 2010 naredila že Breznik in Batagelj (2012b). Omenjeno študijo bomo dopolnili s podatki do konca leta 2011 in jo razširili še na teniške profesionalke.

Učinke teniške podlage na število poškodb med teniškiimi dvoboji so raziskovalci v

preteklosti že analizirali (Bastholt, 2000; Girard in Millet, 2004; Fernandez-Fernandez in drugi, 2010; Nigg in Segesser, 1988). Kot so poročali O'Donoghue in Ingram (2001) ter Fernandez in drugi (2006), teniška podlaga vpliva na potek teniških dvobojev tudi na ravni teniških profesionalcev. Trda podlaga velja za najbolj tvegano v smislu pojavljanja teniških poškodb. Precej manj poškodb je bilo v preteklosti zaznati na peščenih igriščih in igriščih z umetno maso (Girard in drugi, 2007, 2010; Murias in drugi, 2007). To je tudi razlog, da med teniškiimi profesionalci in profesionalkami na igriščih s trdo podlago pričakujemo največ poškodb, a na peščenih igriščih najmanj.

Tudi ostale spremenljivke, kot sta vrsta turnirja in kólo dvoboja, lahko vplivajo na število predanih dvobojev v profesionalnem tenisu. Predpostavljamo, da je število predanih dvobojev obratno sorazmerno s pomembnostjo dvoboja. Na močnejših turnirjih in v kasnejši fazi turnirja torej pričakujemo manj predanih dvobojev. Menimo namreč, da med pomembnejšimi dvoboji igralci vztrajajo na igrišču dlje časa kljub morebitnemu tveganju hujše poškodbe.

Naslednja hipoteza je povezana z jakostjo obeh teniških nasprotnikov v dvoboju. Jakost je pri teniških profesionalcih merjena s točkami, ki so objavljene pri moških na jakostni lestvici ATP in pri ženskah na jakostni lestvici WTA (glej razdelek 6.1.1). Raziskava Del Coral in Prieto-Rodriguez (2010) je potrdila, da je razlika v jakosti obeh najboljša spremenljivka za napoved rezultata teniškega dvoboja. Še več, razlike med uvrstitvami na jakostni lestvici naj bi bile pomembnejše med močnejšimi igralci. Ker bolje ocenjeni igralci (v smislu točk na jakostni lestvici) redkeje izgubljajo proti slabše ocenjenim nasprotnikom in so tako nevajeni porazov proti njim, predpostavljamo, da višje uvrščeni na jakostni lestvici pogosteje najdejo razlog za preteč poraz v poškodbi in prehitrem koncu dvoboja. Zato pričakujemo večje število predanih dvobojev pri višje uvrščenih igralcih na jakostni lestvici.

Večji del profesionalne teniške sezone se turnirji igrajo na zunanjih teniških igriščih, kjer so igralci in igralke večino časa izpostavljeni precej visokim temperaturam. Zvišana telesna temperatura (hipertermija) in neoptimalna hidracija (hipohidracija) imata dokazan vpliv na zdravje teniških igralcev in omejujeta njihove dosežke (Kovacs, 2006; Magal in drugi, 2003). Nekaj dvobojev, predvsem proti koncu teniške sezone, je odi-

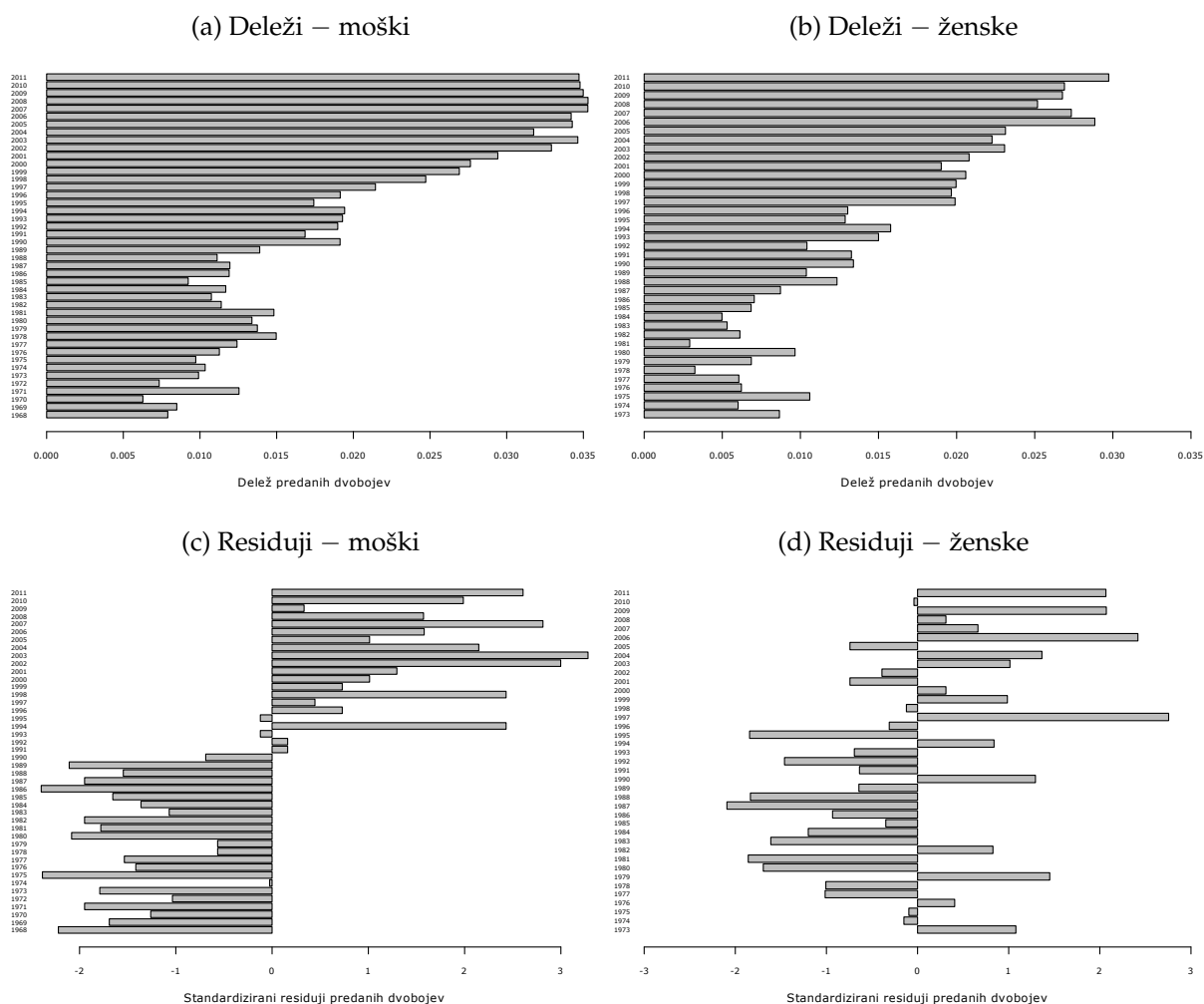
granih v dvoranah, kjer so pogoji mnogokrat boljši od tistih na prostem. Zaradi omenjenih okoliščin je, pričakovano, delež predanih dvobojev v dvoranah nižji.

V zadnjem delu tega razdelka smo s pomočjo metod analize omrežij identificirali teniške profesionalce v moški in ženski konkurenci, ki so najpogosteje predajali dvoboje. Pri tem smo *omrežje predanih teniških dvobojev* definirali na naslednji način. Akterje v omrežju predstavljajo kar profesionalni igralci/igralke. Dva akterja sta med sabo povezana, v kolikor obstaja vsaj en dvoboj, ki sta ga prekmalu končala. Začetna točka usmerjene povezave je teniški akter, ki je dvoboj predal, in zmagovalec je končna točka usmerjene povezave. Tako definirano omrežje je usmerjeno; lahko ga še utežimo, uteži na usmerjenih povezavah naj predstavljajo število predanih dvobojev, pri čemer je akter na začetni točki povezave predal dvoboje akterju pri končni točki povezave.

Najprej bomo skušali omenjene hipoteze potrditi oziroma zavreči s pomočjo opisne in inferenčne statistike. Deleži predanih dvobojev v moški in v ženski konkurenci z leti naraščajo, kar lahko razberemo s slik 7.1a in 7.1b. Pri moških so deleži predstavljeni od leta 1968 naprej, pri ženskah le od leta 1973 dalje, saj pred tem v svoji teniški bazi nimamo zabeleženih predanih dvobojev v ženski konkurenci.

Pri moških je bil do leta 1990 delež predanih dvobojev pod 1,5 %, a po letu 2002 ta konstantno znaša več kot 3 %. Leto 1990 je bilo v zgodovini modernega moškega tenisa prelomno, saj so ukinili serijo turnirjev *Grand Prix* in uvedli turnirje *ATP Tour*. Kljub vsemu to ne bi smel biti glavni razlog za povečanje deleža predanih dvobojev. Da bi odpravili vpliv različnih turnirskih struktur, smo residue predanih dvobojev na turnirjih Grand Slam analizirali posebej. Turnirji Grand Slam delujejo kot najstabilnejši tip turnirjev in se po letu 1968, v moderni dobi tenisa, skoraj niso spreminjali. Sliki 7.1c in 7.1d prikazujeta standardizirane residue testa  $\chi^2$  za predane dvoboje na turnirjih Grand Slam v moški in ženski konkurenci. Pri moških je osem residujev pred letom 1990 in prav tako osem residujev po tem letu statistično značilnih pri stopnji tveganja 5 %. Število predanih dvobojev v teh 16-ih letih znatno odstopa od pričakovane frekvence. Vseh osemkrat pred letom 1990 je opazovana frekvenca predanih dvobojev v moški konkurenci pod pričakovano, podobno je vseh osemkrat po letu 1990 opazovana frekvenca predanih dvobojev nad pričakovano. Ti rezultati potrjujejo leto 1990

Slika 7.1: Deleži in standardizirani residuji predanih teniški dvobojev po letih



kot mejnik v smislu predanih moških dvobojev tudi na turnirjih Grand Slam. V ženski konkurenci se je le pet residujev izkazalo za statistično značilne, štirje po letu 1997 in eden leta 1987. Opazovana frekvenca predanih dvobojev pri ženskah je leta 1987 pod pričakovano, a v letih 1997, 2006, 2009 in 2011 je bila opazovana frekvenca predanih dvobojev višja od pričakovane.

V tabeli 7.1 najdemo frekvence in odstotke dvobojev po posameznih podlagah glede na vrsto dvoboja (regularni ali predani dvoboj) za vsak spol posebej. Peščena igrišča in igrišča s trdo podlago so bila najpogosteje uporabljena tako v moški kot v ženski konkurenci (pesek: moški – 47,62 % vseh dvobojev, ženske – 42,43 %; trda podlaga: moški – 39,39 %, ženske – 44,25 %). Deleži predanih dvobojev so v obeh konkurencah višji na pesku in trdi podlagi v primerjavi s tepihom in travnato podlago.

Tabela 7.1: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev po podlagi in spolu

Podlaga	Moški dvoboji			Ženski dvoboji		
	Skupaj	Predani	Predani (v %)	Skupaj	Predani	Predani (v %)
Pesek	208361	6034	2,90	176056	3659	2,08
Tepih	33558	659	1,96	33346	533	1,60
Trava	23242	409	1,76	21928	292	1,33
Trda	172360	4734	2,75	183598	3831	2,09
Neznano	1416	10	0,71	418	4	0,96
Skupaj	438937	11846	2,70	415346	8319	2,00

Razlike v številu predanih dvobojev med podlagami smo potrdili še z 2 (tip dvoboja: regularni, predani)  $\times$  4 (vrsta podlage: pesek, tepih, trava, trda podlaga) testom  $\chi^2$ . Povezanost obeh spremenljivk je bila statistično značilna v obeh konkurencah (moški:  $[\chi^2] (3; n = 437521) = 178,9423, p < 0,001$ ; ženske:  $[\chi^2] (3; n = 414928) = 89,7489, p < 0,001$ ). Število predanih dvobojev je bilo v obeh konkurencah višje od pričakovanega na trdi podlagi in pesku ter nižje od pričakovanega števila na tepihu in travnati podlagi. Domneva glede podlage je torej potrjena za trde podlage, a zavrnjena za peščene podlage, saj smo pričakovali na zadnjih manj predanih dvobojev, kot se je izkazalo v analizi.

Odstotek predanih dvobojev se v moški konkurenci glede na vrsto turnirja giblje med 1,73 % pri turnirjih serije ATP in 3,14 % pri turnirjih nižjega ranga (turnirjih Challengers in Futures). Pri ženskah je najnižji odstotek predaj na turnirjih Grand Slam (0,92 %), najvišji odstotek je podobno kot v moški konkurenci pri turnirjih nižjega ranga (2,18 %). Frekvence in odstotki za ostale tipe turnirjev so ločeno po spolu prikazani v tabeli 7.2. Ker se ekipni turnirji precej razlikujejo od tistih, kjer igralci nastopajo posamezno, in je zelo težko določiti njihovo težavnost, bomo v tem kontekstu analizirali le turnirje v posamični konkurenci. Turnirji Grand Slam, najmoč-

nejši turnirji v tenisu, imajo v ženski konkurenci najnižji odstotek predanih dvobojev, relativno nizek odstotek predanih dvobojev na teh tipih turnirjev je tudi v moški konkurenci. V zadnjih letih so turnirji ATP/WTA (posebej tisti iz serije Masters 1000) na zelo visoki ravni. Na njih lahko tekmuje manj igralcev kot na turnirjih Grand Slam (na teh je na začetku v konkurenci 128 igralcev/igralk). Tako lahko dvoboje na nekaterih turnirjih ATP/WTA primerjamo z dvoboji na turnirjih Grand Slam. Še pomembnejši razlog za višji odstotek predanih dvobojev na turnirjih Grand Slam v moški konkurenci (glede na žensko) je morda število odigranih nizov. Moški igrajo namreč te turnirje na pet dobljenih nizov (ang. "best of five"), medtem ko ženske vse turnirje igrajo na tri dobljene nize (ang. "best of three"). Pred časom se je le v finalu turnirja Masters tudi v ženski konkurenci igralo na pet dobljenih nizov. Posledica tega je, da so dvoboji na moških turnirjih Grand Slam daljši in tako lahko pričakujemo več poškodb in več predanih dvobojev. Hipoteza je tako potrjena: deleži predanih dvobojev so obratno sorazmerni s pomembnostjo vrste turnirjev.

Tabela 7.2: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev po vrsti turnirja in spolu

Vrsta turnirja	Moški dvoboji			Ženski dvoboji		
	Skupaj	Predani	Predani (v %)	Skupaj	Predani	Predani (v %)
Grand Slam	23255	569	2,45	25347	234	0,92
ATP/WTA Tour	122910	2126	1,73	95895	1725	1,77
Challengers, Futures	285072	8957	3,14	283958	6339	2,18
Ekipni	7700	194	2,52	2061	21	1,00
Skupaj	438937	11846	2,70	415346	8319	2,00

V tenisu so turnirji razen redkih izjem organizirani kot turnirji na izločanje. To pomeni, da poraženec takoj zapusti turnir in izgubi vse možnosti za zmago. Število igralcev na začetku se giblje med 28 in 128. Frekvence in odstotki predanih dvobojev po kólih za oba spola so prikazani v tabeli 7.3. Turnirji se po sistemu vsak proti vsakemu, označeni

so z RR (ang. round robin), igrajo na zaključnem turnirju sezone pri moških (Barclays ATP World Tour) in zaključnem turnirju sezone pri ženskah (WTA Sonny Ericsson) ter na ekipnih vrstah turnirjev. Število predanih dvobojev je manjše v začetnih fazah turnirja (*R128* in predvsem *R64*) ter v samem finalu (*F*) v obeh konkurencah. Iz podobnega razloga, kot nismo analizirali ekipnih turnirjev v tabeli 7.2, tudi analiza turnirjev, kjer igralci igrajo po sistemu vsak proti vsakemu, ni smiselna. Hipoteza, da je delež predanih dvobojev nižji proti koncu turnirjev, je tako zavrnjena.

Tabela 7.3: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev po kólih in spolu

Kólo	Moški dvoboji			Ženski dvoboji		
	Skupaj	Predani	Predani (v %)	Skupaj	Predani	Predani (v %)
KVAL	23476	656	2,79	111614	1919	1,72
R128	11524	309	2,68	9314	99	1,06
R64	29018	567	1,95	14375	213	1,48
R32	187824	5345	2,85	140667	2972	2,11
R16	95033	2422	2,55	72806	1545	2,12
Q	47691	1374	2,88	36816	911	2,47
S	23972	688	2,87	18570	490	2,64
F	12039	285	2,37	9397	154	1,64
RR	8356	200	2,39	1787	16	0,90
Skupaj	438937	11846	2,70	415346	8319	2,00

Na osnovi razlik med uvrstitvama obeh igralcev/igralk na jakostni lestvici ATP/WTA smo dvoboje razdelili v pet skupin (tabela 7.4). Nekaj dvobojev v moški konkurenci (natančneje 96886 ali 22,07 % vseh dvobojev) in v ženski konkurenci (114839 ali 27,65 %) v omenjeni tabeli manjka, saj so bili bodisi igrani pred letom 1973 (oziroma pred letom 1975 pri ženskah), ko še niso računali točk za teniško jakostno lestvico, bodisi vsaj eden od igralcev ni bil uvrščen na jakostni lestvici, ko se je dvoboj odigral. Dvoboji,



ki so analizirani v tabeli 7.4, so novejšega datuma, kar je razlog za odstopanje skupnega deleža predanih dvobojev glede na celotno bazo podatkov. Pri moških je odstotek narastel z 2,70 % na 2,93 %, pri ženskah z 2,00 % na 2,20 %.

Tabela 7.4: Frekvenčna porazdelitev vseh dvobojev in predanih dvobojev glede na razliko v uvrstitvah obeh nasprotnikov na jakostni lestvici in kvocient predanih dvobojev višje uvrščenih igralcev proti nižje uvrščenim po spolu

Razlika v rangju	Moški dvoboji				Ženski dvoboji			
	Skupaj	Predani	v %	$V_R/N_R$	Skupaj	Predani	v %	$V_R/N_R$
Do 25 (vklj.)	50838	1372	2,70	1,0436	45182	1030	2,28	0,9341
26–60 (vklj.)	58898	1611	2,74	1,0012	53241	1128	2,12	1,0288
61–120 (vklj.)	64088	1802	2,81	0,9356	61483	1378	2,24	0,8774
121–250 (vklj.)	66373	2076	3,12	0,9771	69352	1506	2,17	0,9087
Nad 250	101854	3172	3,11	1,1104	71249	1581	2,22	1,0968
Skupaj	342051	10033	2,93	1,0226	300507	6623	2,20	0,9679

Pri moških odstotek predanih dvobojev skoraj proporcionalno narašča z naraščanjem razlike med uvrstitvama obeh nasprotnikov na jakostni lestvici. Večja razlika med uvrstitvama pomeni večji odstotek predanih dvobojev. Pri ženskah je odstopanje med skupinami precej manjše in trenda naraščanja niti padanja ni opaziti. V vsaki skupini smo izračunali še kvocient med predanimi dvoboji bolje ocenjenih igralcev ( $V_R$ ) in predanimi dvoboji slabše ocenjenih igralcev ( $N_R$ ). Hipoteza, da boljši igralci/igralke pogosteje predajo dvoboj, je tako le delno potrjena (v drugi in zadnji skupini pri obeh spolih ter v prvi skupini pri moških) in tako v splošnem zavrnjena.

Večina teniških dvobojev v obeh konkurencah se je igrala na prostem (moški: 83,38 %; ženske: 84,88 %). Pri moških je odstotek predanih dvobojev na prostem znašal 2,80 % in v dvorani le 2,19 %. Pri ženskah je bilo na prostem predanih 1,92 % in v dvorani 2,02 % dvobojev. Hipoteza, da slabši pogoji na prostem vplivajo na število

predanih dvobojev, je bila pri moških dodatno potrjena s Fisherjevim testom eksaktne verjetnosti za kontingenčne tabele ( $p < 0,001$ ), pri ženskah ta povezava ni statistično značilna ( $p = 0,1113$ ).

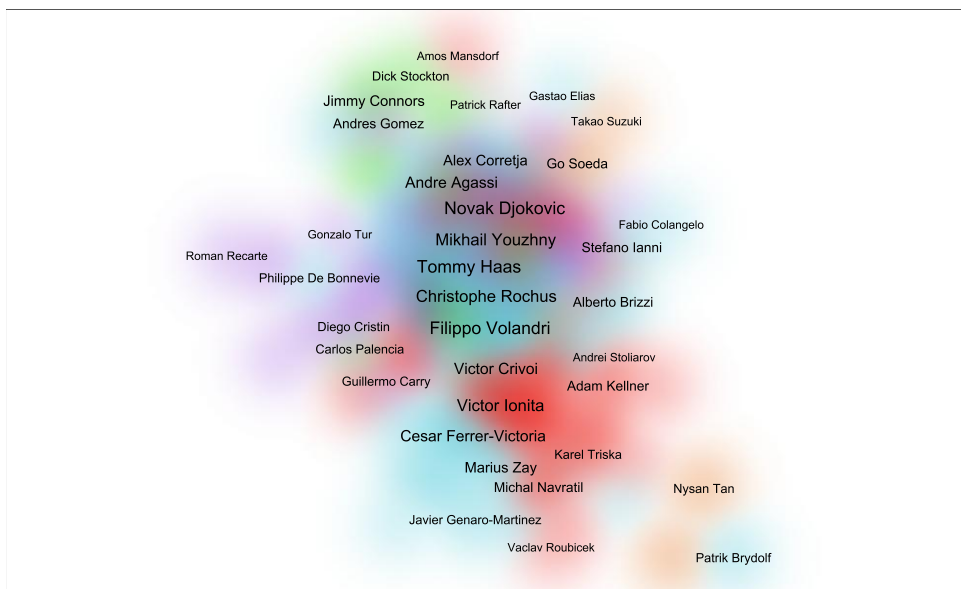
Predane dvoboje v obeh konkurencah smo na ravni posameznikov analizirali s pomočjo omrežja predanih dvobojev. V 20-ih ali več predčasno končanih dvobojih so sodelovali kar 204-je teniški profesionalci in 53 teniških profesionalk. Pri moških rekord z 42-imi predanimi dvoboji pripada mehiškemu igralcu Danielu Garzi in pri ženskah Alexandri Stevenson iz Združenih držav Amerike (udeležena kar v 59-ih predanih dvobojih). Garza je s predajo dobil 11 in izgubil 31 dvobojev, oboje skupaj znaša 8,43 % vseh njegovih odigranih dvobojev. Alexandra Stevenson je predala 51 dvobojev in jih le osem na tak način tudi dobila. Pri njej predani dvoboji predstavljajo kar 9,70 % vseh dvobojev, torej se je skoraj vsak njen deseti dvoboj končal s predajo.

Za določitev skupin igralcev in igralk, ki med sabo predajo največ dvobojev, smo uporabili kombinacijo dveh metod. Najprej smo iz omrežij predanih dvobojev, pri ženskah in moških posebej, izluščili podskupino igralcev/igralk, ki so z ostalimi nasprotniki v tej podskupini odigrali vsaj štiri predane dvoboje. Uporabili smo torej metodo S-sredic in izločili S-sredici reda 4. Nato smo uporabili metodo povezavnih otokov, opisano v podpoglavju 3.3. Meji za velikost otokov smo v obeh omrežjih postavili na 3 (spodnja meja) in 100 (zgornja meja). Pri moških smo na koncu dobili 33 povezavnih otokov, na katerih se nahaja skupno 156 igralcev, pri ženskah je nastalo 14 otokov s skupno 70-imi igralkami. Obe podomrežji smo predstavili na sliki 7.2. Pri tem smo za razporeditev točk uporabili algoritem Kamada-Kawai. Omrežje smo iz programa Pajek (Batagelj in Mrvar, 1996–2013) izvozili v program za predstavitev omrežij VOSviewer (VOS – ang. Visualization Of Similarities) (Van Eck in Waltman, 2010; Van Eck in drugi, 2010). Odločili smo se za prikaz s t. i. pregledom gostote skupin (ang. cluster density view). Ta način je posebno uporaben, da dobimo hiter pregled, kaj se na sliki dogaja (Waltman in drugi, 2010). Igralci so pobarvani po nacionalni pripadnosti (Geyer, 2010), ki smo jo vpeljali v razdelku 4.1.1, vsi so predstavljeni z oznakami (z imenom in priimkom), vendar je velikost posamezne oznake odvisna od uteži, v našem primeru od števila nasprotnikov, proti katerim je prikazani igralec predal svoje dvoboje. Program VOSviewer omogoča tudi zanimivo rešitev prekrivajočih se oznak.

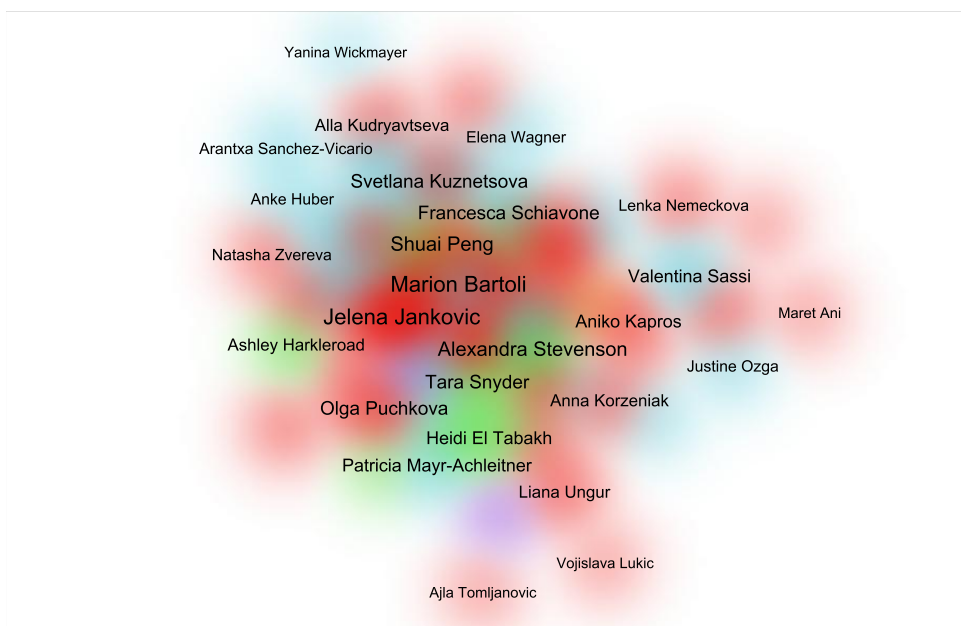
Vidne so namreč le oznake, ki se ne prekrivajo, pri tem pa imajo prednost večje.

Slika 7.2: Otoki velikosti od 3 do 100 igralcev posplošene sredice stopnje 4 v omrežju predanih dvobojev

(a) Moški



(b) Ženske



Na slikah 7.2a in 7.2b prevladujejo tri barve, modra, rdeča in zelena, ki zaporedoma zastopajo igralce in igralko iz Zahodne in Vzhodne Evrope ter Severne Amerike. Čutiti je tudi vpliv vijolične barve predvsem pri moških (Južna Amerika) in nekaj oranžne pri

ženskah (Azija). Med moškimi posamezniki izstopajo nekatera zelo znana imena, Novak Djoković, Andre Agassi, Jimmy Connors, Tommy Haas, Filippo Volandri, Christophe Rochus itd. Prvi trije so celo zasedali prvo mesto na jakostni lestvici ATP. Tudi med ženskami je nekaj zelo znanih imen. Jelena Janković in Arantxa Sánchez Vicario sta prav tako že bili na vrhu jakostne lestvice WTA.

### 7.1.2 Razlike med levičarji in desničarji pri tenisu

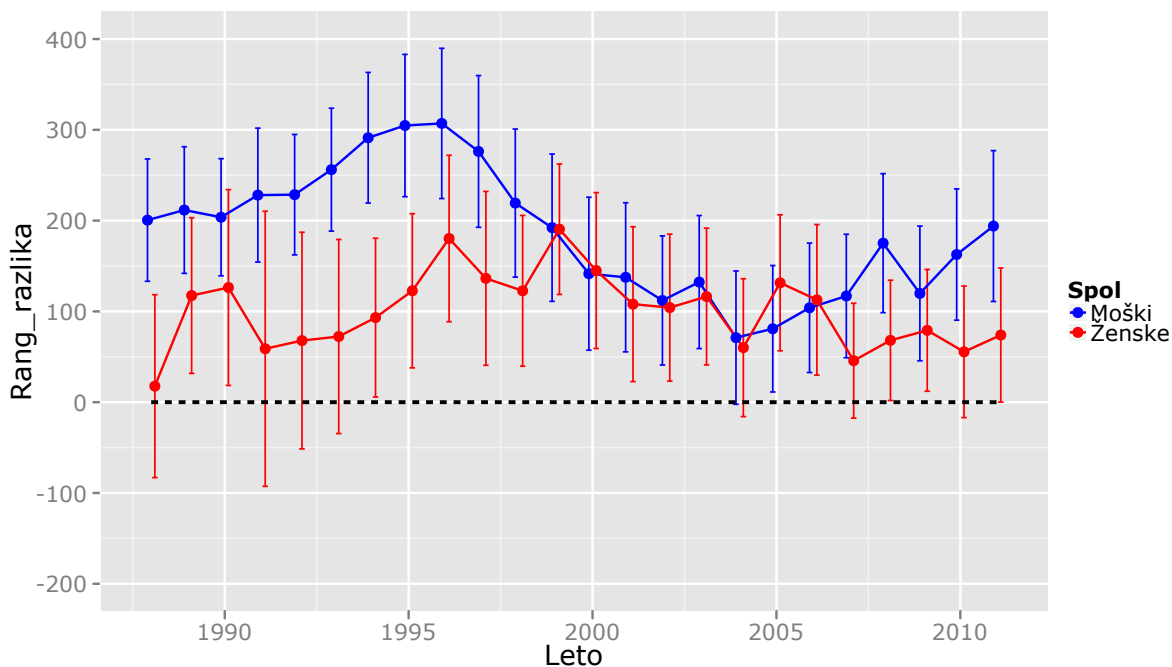
Monica Seleš, v Srbiji rojena profesionalna teniška igralka, ki je kasneje prevzela državljanstvo Združenih držav Amerike, je v svoji avtobiografiji (Seleš, 1996, 72) zapisala: "Igrati proti levičarjem (večina igralcev igra tenis z desno roko) je zelo nenavadno in traja kar nekaj časa, da se privadiš na asimetrijo. Do takrat je dvoboj običajno že končan." Podobne težave v dvobojih proti levičarjem je opisoval tudi Agassi (2009). V tem kontekstu ni preveč šokantno dejstvo, da je Rafael Nadal, ki ga uvrščamo med najboljše teniške igralce vseh časov z osvojenimi rekordnimi sedmimi Roland Garrosi in skupaj trenutno enajstimi osvojenimi Grand Slami, naravni desničar, vendar je na prigovarjanje svojih trenerjev že v mladosti tenis pričel igrati z levo roko in to lastnost obdržal vso profesionalno kariero (Nadal in Carlin, 2012).

Ne samo profesionalni teniški igralci in igralka ter njihovi trenerji, temveč tudi pretekle študije kažejo, da so levičarji neugodni nasprotniki pri tenisu (Wood in Aggleton, 1989; Hagemann, 2009; Loffing in drugi, 2009, 2010). A razlogi za prednost levičarjev pri tenisu (in še pri nekaterih športih) niso tako očitni. Splošno je znano, da bi naj levičarji posedovali boljše motorične in prostorske sposobnosti ter tudi boljšo zmožnost koncentracije (Geschwind in Galaburda, 1987). Nevrološka teorija išče razloge v povečanih področjih desne hemisfere možganov pri levičarjih. Druga razlaga je precej bolj praktična. Faurie in Raymond (2005) trdita, da bi naj prednost levičarjev izhajala predvsem iz dejstva, da so nasprotniki nevajeni igrati proti levičarjem. Nepoznane strategije in vzorci igranja se pokažejo kot še posebej pomemben faktor pri kontaktnih športih in športih, kjer si nasproti stojita dva tekmovalca (Grouios in drugi, 2002; Grouios, 2004). Bolj specifično: pri tenisu je pri večini igralcev *backhand* slabši udarec od *forehanda*, zato se je treba pri igranju proti levičarjem na to zamenjavo privaditi. Hagemann (2009) ugotavlja, da pri boljših igralcih nastanejo težave, če so njihovi av-

tomatizirani odzivi premalo natrenirani, posledično so reakcije manj samodejne in zato manj učinkovite.

V nadaljevanju bomo analizirali vpliv spola in ostalih spremenljivk na prednost, ki jo imajo levičarji proti desničarjem pri tenisu. V ta namen smo iz baze vseh dvobojev izluščili le tiste, kjer sta nasprotnika igrala z nasprotnima rokama (levičar proti desničarju). Analizo smo pričeli z opazovanjem razlik med povprečema uvrstitev levičarjev in desničarjev na jakostnih lestvicah v opazovanem obdobju. Natančneje, izračunali smo razlike v povprečjih teh uvrstitev med levičarji in desničarji po spolu med letoma 1988 in 2011 skupaj s 95-odstotnim intervalom zaupanja. Začetek opazovanega obdobja je leto 1988, saj pred tem jakostne lestvice ATP/WTA bodisi sploh niso obstajale (do leta 1973) bodisi v naši bazi niso bile popolne. Zaradi boljšega pregleda smo ženske povprečne uvrstitve na jakostnih lestvicah na sliki 7.3 v vsakem letu pomaknili nekoliko v desno in moške nekoliko v levo.

Slika 7.3: Razlike v uvrstitvah na teniških jakostnih lestvicah (levičar – desničar) za oba spola po letih (s 95-odstotnim intervalom zaupanja)



Vsa izračunana povprečja razlik (moška povprečja razlik – modre pike; ženska povprečja razlik – rdeče pike) na sliki 7.3 so nad črtkano vodoravno ničelno črto. To

pomeni, da so bile v vseh opazovanih letih za oba spola povprečne uvrstitve na jakostnih lestvicah višje pri levičarjih v primerjavi z desničarji. Razlika v povprečjih pri moških variira med 71 mest (leta 2004) in 307 mest (leta 1996), medtem ko je pri ženskah ujeta med 18 mest (1988) in 190 mest (1999). Le v letih 2000, 2005 in 2006 so bile razlike v povprečjih višje pri ženskah kot pri moških. V vseh ostalih letih je razlika v povprečnih uvrstitvah na jakostnih lestvicah med levičarji in desničarji višja pri moških kot pri ženskah. Iz povedanega sledi, da je prednost teniških igralcev, ki igrajo z levo roko, pri moških višja kot pri ženskah.

Tabela 7.5: Frekvenčna porazdelitev dvobojev in kvocienti dvobojev, v katerih so zmagali levičarji, proti dvobojem, v katerih so zmagali desničarji

Tip turnirja	Moški dvoboji			Ženski dvoboji		
	ZmagaL	ZmagaD	$Z_L/Z_D$	ZmagaL	ZmagaD	$Z_L/Z_D$
Grand Slam	3046	2781	1,0952	1475	1429	1,0322
ATP/WTA Tour	16031	14194	1,1294	5717	5381	1,0624
Challengers in Futures	29457	24861	1,1849	15241	12868	1,1844
Skupaj	48534	41836	1,1601	22433	19678	1,1400

Frekvence dobljenih dvobojev in kvocienti dvobojev, v katerih so zmagali levičarji, proti dvobojem, v katerih so zmagali desničarji, so prikazani v tabeli 7.5. Vsi izračunani kvocienti so večji od 1, kar pomeni, da so bili na vseh tipih turnirjev, v konkurenci obeh spolov, levičarji uspešnejši od desničarjev. Dodatno smo rezultate potrdili z 2 (dvoboj zmagal: levičar – ZmagaL, desničar – ZmagaD)  $\times$  3 (tip turnirja: Grand Slam, ATP/WTA Tour, Challengers in Futures) testom  $\chi^2$ . Korelacija med obema spremenljivkama je statistično značilna pri obeh spolih (moški:  $[\chi^2] (2; n = 90370) = 16,2306, p < 0,001$ ; ženske:  $[\chi^2] (2; n = 42111) = 31,1279, p < 0,001$ ). V konkurenci obeh spolov je število zmag v dvobojih levičarjev višje od pričakovanega pri turnirjih Challengers in Futures ter nižje od pričakovanega pri ostalih dveh tipih. Zaključimo lahko, da je pri obeh spolih prednost levičarjev obratno sorazmerna s kakovostjo turnir-

jev. Na turnirjih nižje kakovosti je prednost levičarjev višja kot na tistih višje kakovosti.

Glede na tip podlage smo frekvence in kvociente zmag v dvobojih levičarjev in desničarjev za oba spola prikazali v tabeli 7.6. S testom  $\chi^2$  smo preverjali povezanost obeh spremenljivk (2 (dvoboj zmagal: levičar – ZmagaL, desničar – ZmagaD)  $\times$  4 (vrsta podlage: pesek, tepih, trava, trda podlaga)). Korelacija je bila statistično značilna pri ženskah ( $[\chi^2]$  (3;  $n = 42111$ ) = 15,3946,  $p < 0,001$ ), toda nepotrjena pri moških ( $[\chi^2]$  (3;  $n = 90370$ ) = 3,1541,  $p = 0,3685$ ). Število zmag levičarjev je bilo višje od pričakovanega na pesku in tepihu v moški konkurenci ter na tepihu v ženski konkurenci.

Tabela 7.6: Frekvence in kvocienti zmaganih dvobojev levičarjev in desničarjev po podlagah za oba spola

Podlaga	Moški dvoboji			Ženski dvoboji		
	ZmagaL	ZmagaD	$Z_L/Z_D$	ZmagaL	ZmagaD	$Z_L/Z_D$
Pesek	21539	18545	1,1614	8711	7764	1,1220
Tepih	4526	3807	1,1889	2082	1619	1,2860
Trava	2993	2676	1,1185	1132	1037	1,0916
Trda	19476	16808	1,1587	10508	9258	1,1350
Skupaj	48534	41836	1,1601	22433	19678	1,1400

V nadaljevanju smo skonstruirali omrežji zmag teniških igralcev oziroma igralk. Akterji so teniški igralci/igralke, usmerjena povezava vodi od igralca/igralke  $i$  do igralca/igralke  $j$ , če je igralec/igralka  $j$  premagal(a) igralca/igralko  $i$ . Usmerjene povezave so lahko tudi utežene s številom zmag igralca/igralke  $j$  nad igralcem/igralko  $i$ . Omrežje zmag je usmerjeno in uteženo. Za identifikacijo najboljših levičarjev (desničarjev) v moderni dobi tenisa posebej v igri proti levičarjem in posebej proti desničarjem, smo skonstruirali štiri podomrežja zmag v moški in štiri podomrežja zmag v ženski konkurenci na naslednji način.

Za razvrščanje najboljših desničarjev v igrah proti levičarjem smo skonstruirali podom-

režje zmag vseh levičarjev skupaj z le tistimi desničarji, ki so odigrali vsaj en dvoboj proti levičarjem. Nato smo v tako dobljenem omrežju po jakosti razvrstili le desničarje. Na podoben način smo skonstruirali podomrežje zmag za razvrščanje najboljših levičarjev v dvobojih proti desničarjem. Vse povedano smo izpeljali tako za moške kot tudi za ženske.

Za razvrščanje akterjev po jakosti v dobljenih podomrežjih zmag smo uporabili algoritem PageRank (razdelek 6.2.1). Določili smo faktor dušenja  $d$  s standardno vrednostjo ( $d = 0,85$ ) in pričeli z razvrščanjem v vseh zgoraj opisanih podomrežjih zmag. V tabeli 7.7 je dvajset najboljših igralcev v štirih kategorijah. Prva dva stolpca sta namenjena levičarjem. V prvem stolpcu najdemo najboljše levičarje proti levičarjem, v drugem stolpcu proti desničarjem. Podobno so v tretjem in četrtem stolpcu razvrščeni desničarji (najprej proti levičarjem in nato proti desničarjem).

Uporabljena metoda razvrščanja po jakosti nam je razkrila, da je Američan Jimmy Connors najboljši levičar v obeh kategorijah, tako v igranju proti levičarjem kot proti desničarjem. V kategoriji igranja proti levičarjem mu sledita njegov rojak John McEnroe in Španec Rafael Nadal, ki v kategoriji proti desničarjem zamenjata mesti. Več razlik na vodilnih mestih pri igranju proti levičarjem in desničarjem je najti med desničarji. Kot najboljši desničar proti levičarjem je identificiran Američan češkega porekla Ivan Lendl. Sledita mu Šved Bjorn Borg in Nemeč Boris Becker. Lendl je na zelo visokem drugem mestu tudi v kategoriji proti desničarjem, kjer je na prvem mestu Švicar Roger Federer. Na tretjem mestu, za Lendlom, v tej kategoriji najdemo še enega Američana, Andreja Agassija. Čeravno je Federer proti levičarjem precej nižje (na šestem mestu), to seveda ne pomeni, da je skupno slabši od Lendla, več dvobojev namreč tako levičarji kot desničarji odigrajo proti desničarjem. A res je, da ima Federer glede na uvrstitvi na dobljenih jakostnih lestvicah precej večje težave v igri proti levičarjem. To smo potrdili še s pomočjo Fisherjevega testa eksaktne verjetnosti za kontingenčne tabele. Povezava med rezultatom (zmaga ali poraz) in roko, s katero igra Federerjev nasprotnik (leva ali desna), je bila statistično značilna ( $p = 0,03895$ ).

Na sliki 7.4 sta predstavljena razsevna diagrama levičarjev (slika 7.4a) in desničarjev (slika 7.4b), kjer je na abscisni osi uvrstitev posameznega igralca proti desničarjem in na



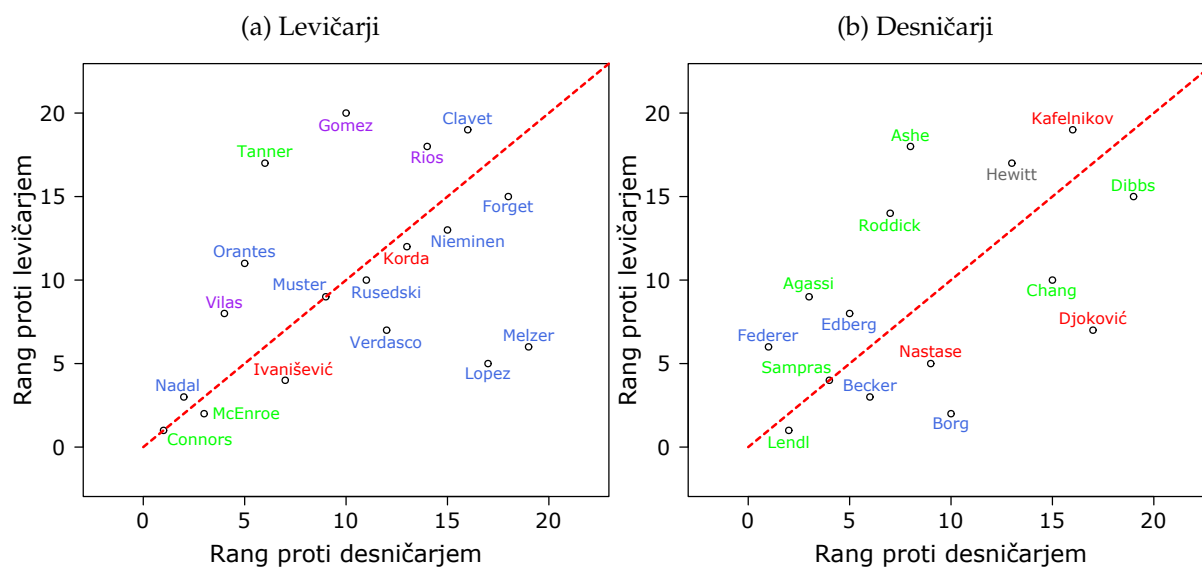
Tabela 7.7: Dvajset najbolje uvrščenih moških teniških profesionalcev moderne dobe tenisa (Dejavni igralci na koncu leta 2011 so zapisani s poševno pisavo.)

	Levičarji proti		Desničarji proti	
	levičarjem	desničarjem	levičarjem	desničarjem
1	Jimmy Connors	Jimmy Connors	Ivan Lendl	<i>Roger Federer</i>
2	John McEnroe	<i>Rafael Nadal</i>	Bjorn Borg	Ivan Lendl
3	<i>Rafael Nadal</i>	John McEnroe	Boris Becker	Andre Agassi
4	Goran Ivanišević	Guillermo Vilas	Pete Sampras	Pete Sampras
5	<i>Feliciano Lopez</i>	Manuel Orantes	Ilie Nastase	Stefan Edberg
6	<i>Jurgen Melzer</i>	Roscoe Tanner	<i>Roger Federer</i>	Boris Becker
7	<i>Fernando Verdasco</i>	Goran Ivanišević	<i>Novak Djoković</i>	<i>Andy Roddick</i>
8	Guillermo Vilas	Rod Laver	Stefan Edberg	Arthur Ashe
9	Thomas Muster	Thomas Muster	Andre Agassi	Ilie Nastase
10	Greg Rusedski	Andres Gomez	Michael Chang	Bjorn Borg
11	Manuel Orantes	Greg Rusedski	Mats Wilander	Brian Gottfried
12	Petr Korda	Fernando Verdasco	<i>Nikolay Davydenko</i>	Stan Smith
13	<i>Jarkko Nieminen</i>	Petr Korda	Jim Courier	<i>Lleyton Hewitt</i>
14	Mark Woodforde	Marcelo Rios	<i>Andy Roddick</i>	Carlos Moya
15	Guy Forget	<i>Jarkko Nieminen</i>	Eddie Dibbs	Michael Chang
16	Jan Siemerink	Francisco Clavet	Vitas Gerulaitis	Yevgeny Kafelnikov
17	Roscoe Tanner	Feliciano Lopez	<i>Lleyton Hewitt</i>	<i>Novak Djoković</i>
18	Marcelo Rios	Guy Forget	Arthur Ashe	Ivan Ljubičić
19	Francisco Clavet	<i>Jurgen Melzer</i>	Yevgeny Kafelnikov	Eddie Dibbs
20	Andres Gomez	Henri Leconte	Tim Henman	Harold Salomon

ordinatni osi proti levičarjem. Pri tem so prikazani le igralci, ki so se v obeh kategorijah uvrstili med najboljših dvajset. Oznaka posameznega igralca je pobarvana glede na nacionalnost, določeno po Geyer (2010).

Na slikah 7.4a in 7.4b lahko opazimo nekaj večjih odstopanj od črtkane rdeče črte, ki

Slika 7.4: Razsevna diagrama uvrstitev igralcev proti desničarjem in proti levičarjem



prikazuje enaki uvrstitvi v obeh kategorijah (proti desničarjem in proti levičarjem). Nahajanje nad rdečo črto pomeni boljšo uvrstitev proti desničarjem in nahajanje pod njo boljšo uvrstitev proti levičarjem. Levičarji Guillermo Vilas, Manuel Orantes, Roscoe Tanner in Andres Gomez so prepoznani kot uspešnejši v igri proti desničarjem. Nasprotno so bili Jurgen Melzer, Feliciano Lopez in Fernando Verdasco uspešnejši proti levičarjem kot proti desničarjem. Roger Federer in trije znani Američani Andre Agassi, Andy Roddick in Arthur Ashe imajo boljše rezultate proti desničarjem. Bjorn Borg in Novak Djoković sta se bolje izkazala proti levičarjem.

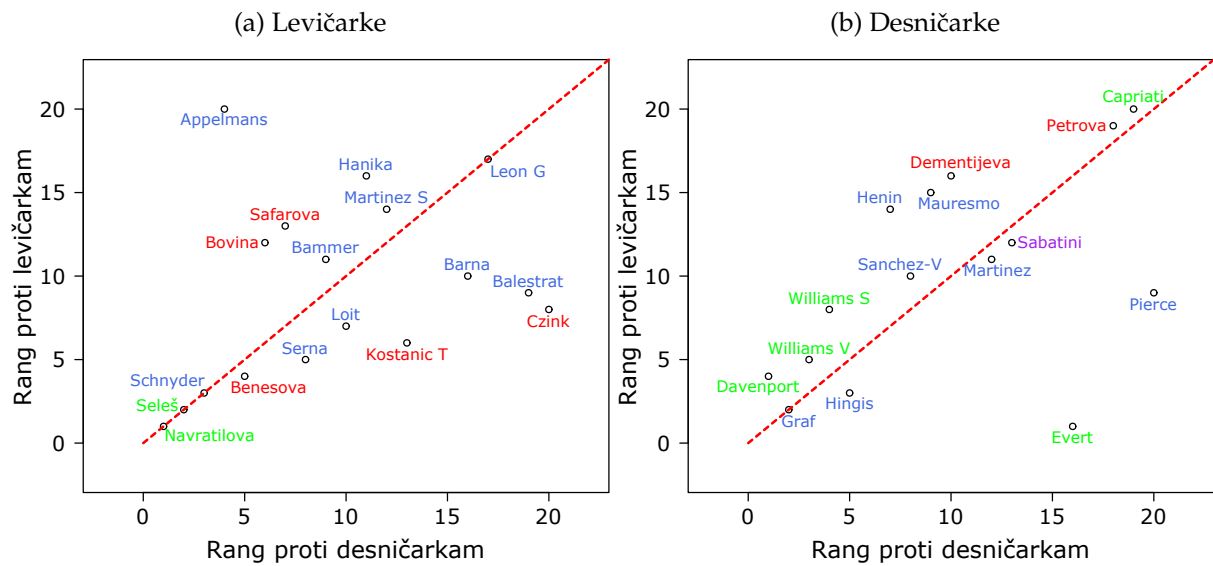
Podobno analizo smo naredili med ženskimi teniški igralkami (tabela 7.8 in slika 7.5). Ameriška igralka čeških korenin Martina Navratilova je prepoznana kot absolutno najboljša levičarka moderne dobe tenisa. V obeh konkurencah, torej proti levičarkam in proti desničarkam, ji sledita Monica Seleš in Švicarka Patty Schnyder. Američanki Chris Evert (proti levičarkam) in Lindsay Davenport (proti desničarkam) sta na vrhu med desničarkami. Znamenita Nemka Steffi Graf v obeh kategorijah zaseda drugo mesto. Sabine Appelmans, Elena Bovina, Lucie Safarova in Sylvia Hanika so levičarke, ki so uspešnejše proti desničarkam. Melinda Czink, Dianne Balestrat, Jelena Kostanić Tošić in Anca Barna so se bolje znašle proti levičarkam. Pri desničarkah na sliki 7.5b najbolj izstopata Chris Evert in Mary Pierce, ki sta odlično igrali proti levičar-

Tabela 7.8: Dvajset najbolje uvrščenih ženskih teniških profesionalk moderne dobe tenisa (Dejavne igralke na koncu leta 2011 so zapisane s poševno pisavo.)

	Levičarke proti		Desničarke proti	
	levičarkam	desničarkam	levičarkam	desničarkam
1	Martina Navratilova	Martina Navratilova	Chris Evert	Lindsay Davenport
2	Monica Seleš	Monica Seleš	Steffi Graf	Steffi Graf
3	Patty Schnyder	Patty Schnyder	Martina Hingis	<i>Venus Williams</i>
4	<i>Iveta Benesova</i>	Sabine Appelmans	Lindsay Davenport	<i>Serena Williams</i>
5	Magui Serna	<i>Iveta Benesova</i>	<i>Venus Williams</i>	Martina Hingis
6	Jelena Kostanić T	Elena Bovina	Tracy Austin	<i>Kim Clijsters</i>
7	Emilie Loit	<i>Lucie Safarova</i>	Evoone Goolagong C	Justine Henin
8	<i>Melinda Czink</i>	Magui Serna	<i>Serena Williams</i>	Arantxa Sanchez V
9	Dianne Balestrat	Sybille Bammer	Mary Pierce	Amelie Mauresmo
10	Anca Barna	Emilie Loit	Arantxa Sanchez V	Elena Dementieva
11	Sybille Bammer	Sylvia Hanika	Conchita Martinez	<i>Svetlana Kuznetsova</i>
12	<i>Elena Bovina</i>	<i>Maria J Martinez S</i>	Gabriela Sabatini	Conchita Martinez
13	<i>Lucie Safarova</i>	Jelena Kostanić T	Jana Novotna	Gabriela Sabatini
14	<i>Maria J Martinez S</i>	<i>Petra Kvitova</i>	Justine Henin	<i>Maria Sharapova</i>
15	Maja Matevžič	Florencia Labat	Amelie Mauresmo	<i>Jelena Janković</i>
16	Sylvia Hanika	Anca Barna	Elena Dementieva	Cris Evert
17	Gala L Garcia	Gala L Garcia	Helena Sukova	<i>Vera Zvonareva</i>
18	<i>Zi Yan</i>	Barbara Potter	Hana Mandlikova	<i>Nadia Petrova</i>
19	Anne-Gaelle Sidot	Dianne Balestrat	<i>Nadia Petrova</i>	Jenifer Capriati
20	Sabine Appelmans	<i>Melinda Czink</i>	Jenifer Capriati	Mary Pierce

kam in slabše proti desničarkam.

Slika 7.5: Razsevna diagrama uvrstitev igralcev proti desničarkam in proti levičarkam



### 7.1.3 Dinamična predstavitev omrežja najboljših teniških igralcev moderne dobe

Športni podatki so mnogokrat podani v daljših časovnih intervalih in tako primerni za analizo in prikaz z dinamičnimi časovnimi omrežji. Dinamična časovna omrežja nam širijo poznavanje, ki ga pridobimo s statističnimi povzetki in z metodami statičnega prikaza. Tak tip prikazovanja se imenuje tudi *omrežni film* (ang. network movie). Moody in drugi (2005) so razdelili omrežne filme v dve kategoriji: premične knjige in dinamični filmi. Prvo vrsto omrežnih filmov uporabljamo za redkejša omrežja, točke so v tem načinu prikaza statične. Pri drugi vrsti predstavitve se točke premikajo in prikazujejo spremembe v odnosih med njimi.

V tabeli 4.1 razdelka 4.1.1 smo predstavili najboljše teniške igralce moderne dobe, ki bodo v prikazanem omrežju predstavljali akterje omrežja. Povezava med parom igralcev v omrežju obstaja, če sta med sabo odigrala vsaj en dvoboj. Povezavo smo usmerili od zmagovalca k poražencu in jo utežili s številom zmag posameznega igralca nad nasprotnikom, s katerim je povezan. Začetno točko povezave torej predstavlja igralec, ki je zmagal v dvoboju (ali v dvobojih), končno točko pa poraženec dvoboja (ali dvobojev). Časovno okno prikaza omrežja, ki določa desno odprti interval od začetka do konca posamezne časovne rezine, je eno leto. Omrežje je sestavljeno iz 44 časovnih rezin,

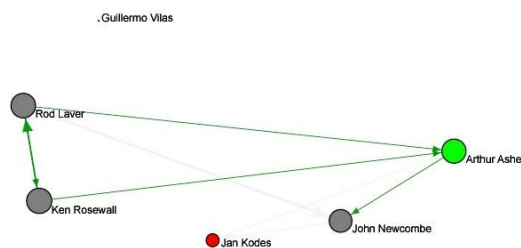
vsaka izmed njih predstavlja odigrane dvoboje med igralci v enem letu. Na sliki 7.6 je nekaj izsekov dinamične predstavitve SVG, ki je bila prikazana na XXXII. konferenci SUNBELT (Breznik in Batagelj, 2012a). Predstavitev je narejena s programom Pajek To SVG Anim (Brvar, 2007) in je dosegljiva na spletnem naslovu <http://zvonka.fmf.uni-lj.si/netbook/doku.php?id=pub:visnet>. Avtor je program za potrebe naše predstavitve ustrezno dopolnil, za kar se mu ob tej priložnosti iskreno zahvaljujemo.

Uteži na povezavah so določene s številom zmag v predstavljenem letu in ponazorjene z debelino samih povezav. Oznaka z imenom vsakega teniškega igralca je vidna v celotni dinamični predstavitvi. Velikost vsake točke je premo sorazmerna z deležem zmag igralca in se tako dinamično spreminja ter prikazuje igralčevo uspešnost med letom. Barva točke je določena z regionalno pripadnostjo posameznega tekmovalca, uporabljene so iste barve kot v razdelkih 7.1.1 in 7.1.2. V omrežju ni nobenega afriškega ali azijskega igralca. Položaj točk je statičen in se med predstavitvijo ne spreminja, a vseeno zahteva posebno pozornost. Če bi bil položaj točk določen popolnoma slučajno, bi bilo verjetno zelo težko slediti poteku predstavitve. Zato smo položaj točk določili s pomočjo kumulativnega omrežja, to je uteženega omrežja, v katerem upoštevamo vse dvoboje med letoma 1968 in 2011. V kumulativnem omrežju smo položaj točk določili s pomočjo algoritma Kamada-Kawai. Na koncu smo položaj posameznih točk nekoliko ročno popravili, da bi bile točke in povezave med dinamičnim prikazom boljše vidne. Moody in drugi (2005) ta pristop imenujejo *sidranje* (ang. aggregate graph anchoring).

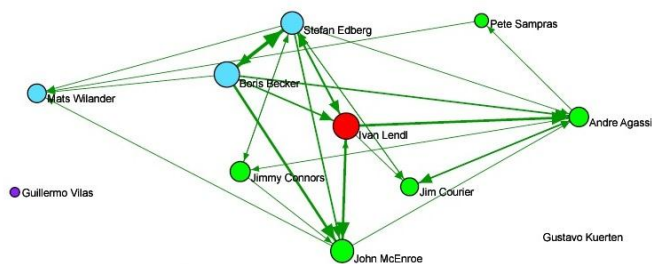
Animacija se prične s šestimi igralci (slika 7.6a), ki so bili dejavni leta 1968. Trije med njimi prihajajo iz Avstralije. Jan Kodes iz nekdanje Češkoslovaške tega leta ni igral veliko z ostalimi nasprotniki, Argentinec Guillermo Vilas pa prav z nobenim od njih. Očitno je bil to šele začetek njune teniške kariere, saj sta že v naslednjih letih pričela igrati z najboljšimi. Leta 1969 Avstralec Rod Laver prevzame status najboljšega, a že v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja mu močno konkurenco predstavljata Američan Jimmy Connors in Šved Bjorn Borg. V letih 1974 in 1975 je aktivnih osem igralcev, kar je največ do takrat. Konec sedemdesetih let dvajsetega stoletja se igralci, ki so prevladovali na začetku, pričnejo umikati. V tem času se najboljšim, Connorsu, Borgu in Vilasu, pridružita John McEnroe in Ivan Lendl. Skupaj s Švedoma Matsom Wilanderjem in Stefanom Edbergom ter Nemcem Borisom Beckerjem tvorijo

Slika 7.6: Nekaj insertov dinamične predstavitve odigranih dvobojev med najboljšimi teniški igralci moderne dobe

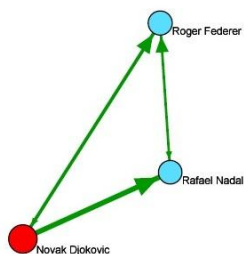
(a) Leto 1968



(b) Leto 1989



(c) Leto 2011



skupino najboljših teniških igralcev v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Na koncu tega desetletja se pojavijo trije igralci iz Združenih držav Amerike: Andre Agassi, Jim Courier in Pete Sampras. Leto 1989 je zanimivo, saj je takrat aktivnih največ igralcev (10) v celotni predstavitvi (slika 7.6b). Connors in Vilas sta leta 1990 prvič končala kariero, ki sta jo ponovno (neuspešno) pričela nekaj let kasneje. Američani, posebej Sampras in Agassi, so bili dominantni v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Na prehodu v novo tisočletje je bilo dejavnih pet najboljših teniških igralcev. Courier je bil na koncu svoje kariere, Švicar Roger Federer na začetku. Kljub temu noben od njiju leta 2000 ni igral proti Agassiju, Samprasu ali Kuertenu. Na pričetku novega tisočletja se pričnejo leta prevlade Federerja. Odigral je nekaj neverjetnih dvobojev proti glavnemu rivalu Špancu Rafaelu Nadal, ki je edini španski teniški igralec v tej dinamični predstavitvi. V zadnjih letih Federer in Nadal tvorita dominantno trojico s Srbom Novakom Djokovićem, ki je bil še posebej uspešen leta 2011 (slika 7.6c).

#### **7.1.4 Prednost domačega igrišča pri nogometu**

Prednost domačega igrišča je v ekipnih športnih panogah zelo dobro raziskana. Nekateri viri poročajo, da je ta prednost še posebej izrazita pri nogometu (Courneya in Carron, 1992; Nevill in Holder, 1999; Pollard, 2008; Pollard in Pollard, 2005). Definicija prednosti domačega igrišča temelji na uravnoteženem številu tekem, odigranih doma in na tujem igrišču (Courneya in Carron, 1992; Poulter, 2009). Pri reprezentancah nastane problem, ker le-te mnogokrat ne igrajo po uravnoteženem sistemu domačih in tujih tekem. Tako je primerneje prednost domačega igrišča pri reprezentancah definirati kot (Koning, 2005, 7): "Prednost domačega igrišča je dosežek športnikov, ekipe ali reprezentance, ko tekmuje(jo) na domačem terenu, v primerjavi z njihovimi dosežki v podobnih pogojih na tujem terenu." Ista definicija je bila uporabljena tudi pri tenisu (Koning, 2010).

Glede na preliminarno analizo, ki je bila predstavljena na XXXI. konferenci SUNBELT (Breznik in Batagelj, 2011b), smo v tem razdelku časovno obdobje razširili do konca leta 2011. Podatki v tej analizi predstavljajo vse nogometne tekme na nivoju reprezentanc od leta 1872 do konca leta 2011, ki so bile odigrane na domačem terenu ene izmed nastopajočih reprezentanc. Pogojem zadošča 24435 nogometnih tekem, odigranih med

212 nogometnimi reprezentancami.

Prvi je prednost domačega igrišča kot razliko med odstotkom domačih zmag in odstotkom zmag na tujem določil Bray (1999). Mi smo najprej izračunali odstotek domačih in odstotek tujih zmag za vsako ekipo posebej. Glede na ta izračun smo ekipe razvrstili v tri skupine: imajo prednost domačega igrišča (razlika med odstotkom domačih in odstotkom tujih zmag je več kot 5 %), imajo slabost domačega igrišča (razlika med odstotkom tujih in odstotkom domačih zmag je več kot 5 %), nimajo niti prednosti niti slabosti domačega igrišča (absolutna vrednost razlike med odstotkom domačih in odstotkom tujih zmag je pod 5 %). Aritmetična sredina razlik med odstotkom domačih in tujih zmag po vseh reprezentancah znaša 25 odstotkov. Da bi povezali prednost domačega igrišča s kakovostjo posameznih reprezentanc, smo le-te razvrstili v tri enako velike skupine glede na njihove povprečne uvrstitve na nogometnih jakostnih lestvicah po vseh dosegljivih obdobjih. Tako smo dobili visoko kakovostne ekipe (71 reprezentanc), ekipe srednje kakovosti (71 reprezentanc) in nazadnje še ekipe nižje kakovosti (70 reprezentanc). Najkakovostnejše imajo višji odstotek iger, ki so jih zmagale doma (56 %), v primerjavi z ekipami srednje (43 %) in nizke kakovosti (34 %). A tudi pri uspešnosti ekip v gosteh je zaznati podobne razlike (34 % zmag za visoko kakovostne ekipe, 18 % za srednje kakovostne in 9 % za ekipe nižje kakovosti). Posledično je razlika med odstotkom zmag doma in v gosteh v vseh treh skupinah enaka – približno 25 odstotkov.

Z namenom raziskati povezavo med pomembnostjo nogometnih dvobojev in rezultati tekem, ki so se odigrale na domačem terenu ene izmed ekip, smo nogometne dvoboje razdelili v tri skupine: prvenstveni dvoboji (svetovno prvenstvo v nogometu, pokal konfederacij, olimpijske igre in prvenstva konfederacij; 9,57 % vseh iger), kvalifikacijski dvoboji (kvalifikacije za svetovno nogometno prvenstvo, kvalifikacije za konfederacijska prvenstva in kvalifikacije za olimpijske igre; 32,57 %) in prijateljski dvoboji (57,86 %). Povezava med spremenljivkama pomembnost nogometnih dvobojev in rezultati tekem je statistično značilna ( $[\chi^2] (4; n = 24435) = 89,70, p < 0,001$ ). V prvenstvenih dvobojih so ekipe na domačem igrišču zmagale večkrat, kot bi pričakovali. V kvalifikacijskih dvobojih so domače ekipe zmagale večkrat in manjkrat odigrale neodločeno, v prijateljskih dvobojih so domače ekipe zmagale manjkrat in remizirale

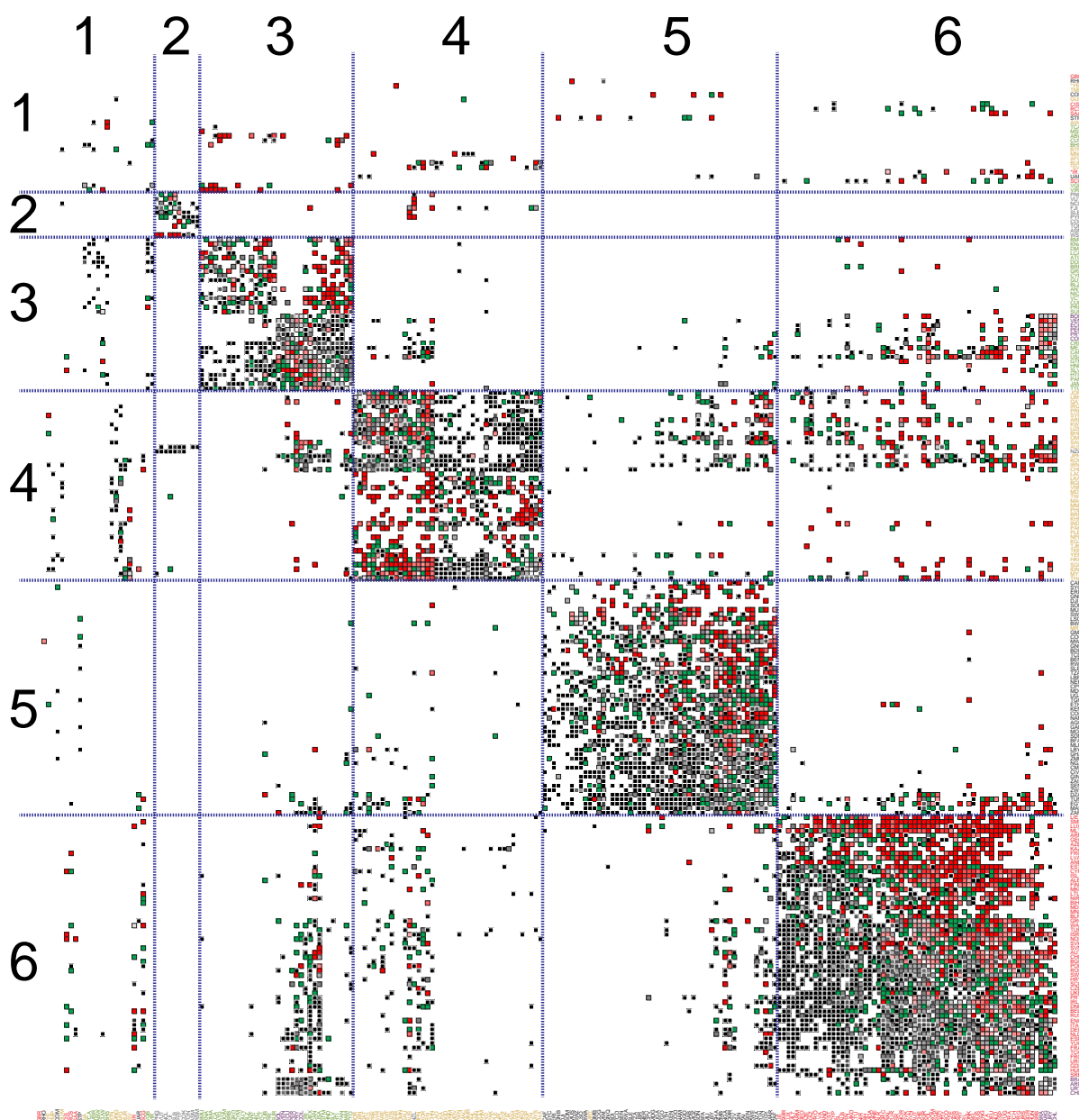


večkrat, kot je bilo pričakovano.

Bray (1999) je prav tako predlagal, da se naj raziskovalna prizadevanja za razlago prednosti domačega igrišča osredotočijo na perspektivo posameznega športnika oziroma posamezne ekipe. Za namen take analize smo skonstruirali t. i. *omrežje nogometnih gostovanj*. Akterji v tem omrežju so še vedno nogometne reprezentance, relacija je definirana na naslednji način. Povezava med dvema reprezentancama obstaja le v primeru, če je bila tekma odigrana na domačem terenu ene izmed ekip. Povezave so usmerjene od domače do gostujoče ekipe in utežene s kvocientom razlike doma dobljenih in izgubljenih iger ter vseh iger, odigranih na domačem terenu. Po tej definiciji so uteži na povezavah v omrežju nogometnih gostovanj vedno z zaprtega intervala med  $-1$  in  $1$ . Omrežja s to lastnostjo se imenujejo tudi *označena omrežja* (ang. signed networks). Matrika sosednosti omrežja nogometnih gostovanj je predstavljena na sliki 7.7. Za vsako reprezentanco so tekme, odigrane na domačem igrišču (natančneje je to količnik razlike med dobljenimi in izgubljenimi tekmami ter vsemi odigranimi tekmami na domačem igrišču), prikazane v vrsticah, v stolpcih vsake ekipe je podoben količnik za tekme, odigrane na tujem igrišču (proti vsaki reprezentanci posebej). Tako vsaka obarvana celica v matriki nakazuje, da so bile odigrane tekme na domačem igrišču reprezentance v vrstici proti reprezentanci v stolpcu. Na glavni diagonali ni pobarvanih celic, saj ekipe ne igrajo same proti sebi. Bližina levega krajišča (torej števila  $-1$ ) je nakazana z rdečo in bližina desnega krajišča (števila  $1$ ) s črno barvo. Močnejši odtenek barve pomeni, da je izračunani količnik blizu krajišča. Če je količnik enak  $0$ , je celica obarvana z zeleno barvo. Celica je nepobarvana (bele barve), če ekipa v vrstici ni nikoli gostila ekipe v stolpcu. Položaj držav na sliki 7.7 je določen z uporabo Wardove metode hierarhičnega razvrščanja v skupine pri uporabljeni popravljene evklidski razdalji. Države so razdeljene v šest skupin, na sliki 7.7 ločenih z modrimi črkanimi črtami. Oznake držav so pobarvane glede na nogometno konfederacijo, iz katere država prihaja (UEFA – rdeča barva, CONCACAF – zelena, CAF – črna, CSF – vijolična, AFC – oranžna, OFC – siva).

Vseh šest skupin (razen tiste, označene z 1) je zelo homogenih v smislu nogometnih konfederacij, iz katerih države prihajajo. Kljub vsemu lahko najdemo nekaj zanimivih reprezentanc izven pričakovanih skupin. Skupina v spodnjem desnem kotu

Slika 7.7: Matrika sosednosti omrežja nogometnih gostovanj



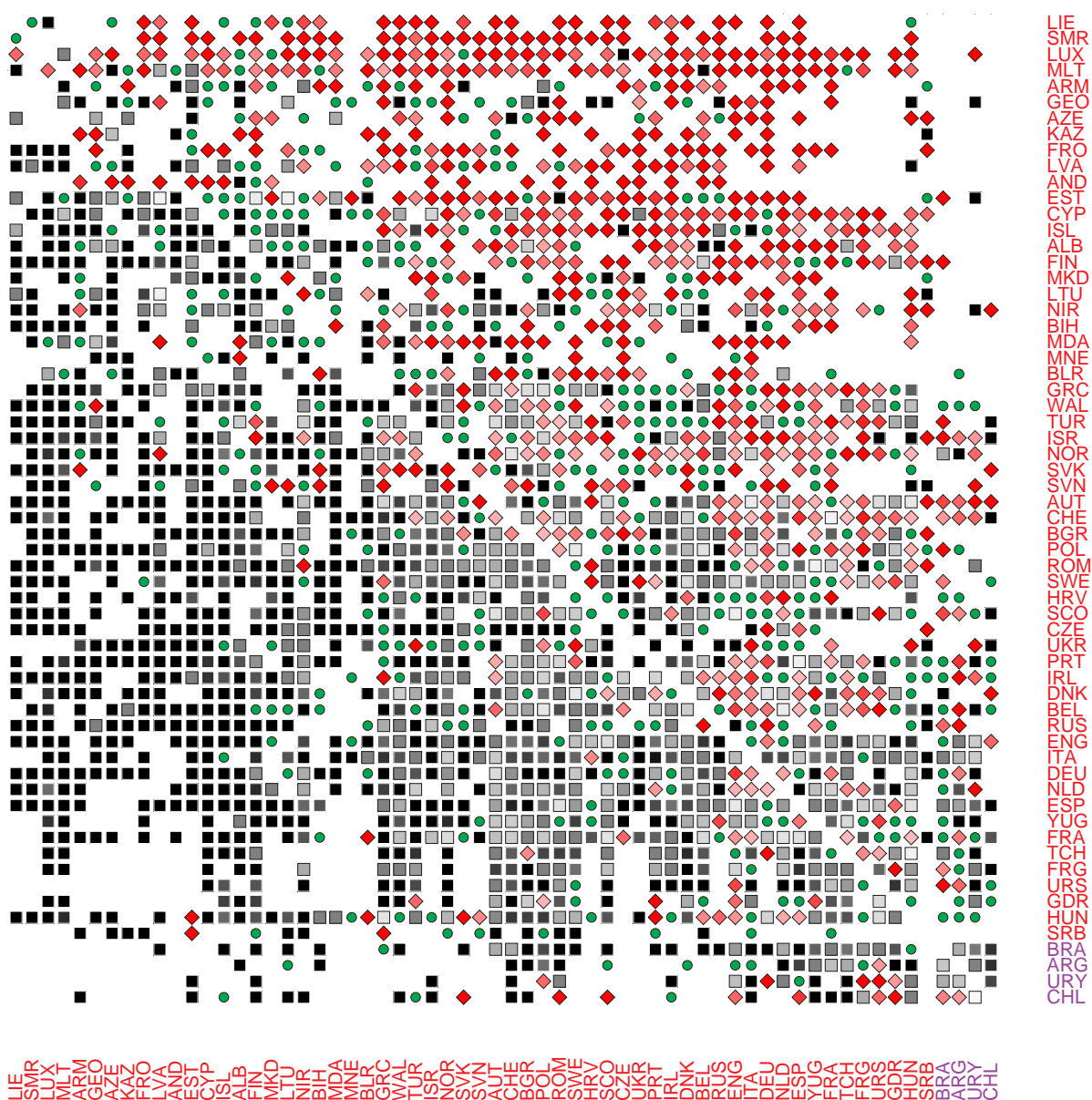
(skupina 6) je skoraj v celoti evropska, a v njej se nahajajo tudi kar štiri južnoameriške reprezentance (Argentina, Brazilija, Čile in Urugvaj). To skupino bomo za nekaj časa pustili ob strani, saj se ji bomo podrobneje posvetili v nadaljevanju. V peti skupini najdemo izključno afriške reprezentance, medtem ko se je azijskim ekipam v četrti skupini pridružila še Nova Zelandija. Zanimivo je tudi, da se Avstralija nahaja v četrti skupini. Avstralija je leta 2006 prestopila iz OFC (nogometna konfederacija za Oceanijo) v AFC (azijsko konfederacijo). Naša razporeditev potrjuje, da je bila ta odločitev povsem naravna. Morda se bo glede na našo matriko sosednosti v bližji prihodnosti tudi

Nova Zelandija odločila za podoben korak. Tretjo skupino sestavljajo države iz Severne in Srednje Amerike s Karibi (CONCACAF) ter preostale manj uspešne države iz Južne Amerike (CSF). To so Bolivija, Ekvador, Kolumbija, Peru, Paragvaj in Venezuela. Naštete južnoameriške države in države s spodnjega dela tretje skupine (tam izstopajo Kanada, Mehika in Združene države Amerike) ter države z zgornjega dela četrte skupine (poleg Nove Zelandije in Avstralije so to še Kitajska, Južna Koreja, Japonska in Iran) veliko igrajo na domačem in tujem terenu proti evropskim državam, vendar ne prav uspešno. Vse države, ki spadajo v konfederacijo iz Oceanije (razen omenjene Nove Zelandije), najdemo v drugi skupini. Za članice te skupine je značilno, da skoraj ne igrajo proti reprezentancam iz ostalih skupin razen s tretjo, ker se tam nahajata Avstralija in Nova Zelandija. V prvi skupini najdemo države, ki bodisi ne obstajajo več (Saar, Skupnost neodvisnih držav, RCS, Srbija in Črna gora itd.) bodisi zaradi različnih razlogov igrajo zelo malo (Afganistan, Velika Britanija).

Šesta skupina je natančneje predstavljena na sliki 7.8. Vrednosti celic so predstavljene z obliko celic in podobno kot na sliki 7.7 z intenzivnostjo rdeče in črne barve (črna pomeni bližino vrednosti 1, rdeča barva bližino vrednosti  $-1$ ). Pozitivne vrednosti so predstavljene s kvadratki, negativne s karo obliko celic. Okrogle zelene celice zaznamujejo vrednost 0. Vzorci kvadratkov, karo oblik in krogcev v matriki sosednosti nudijo večjo preglednost in boljši vpogled v uspešnost posamezne ekipe na domačem (tujem) terenu.

Struktura celic na sliki 7.8 nam razkrije, da je šesta skupina sestavljena iz dveh podskupin. V spodnjem delu se nahajajo renomirane evropske ekipe, na primer trenutni svetovni in evropski prvak Španija, poleg nje še Italija, Nemčija, Rusija, Francija in ostale. V zgornjem delu najdemo manj uspešne mlade evropske države (Slovenijo, Slovaško, Litvo, Bosno in Hercegovino itd.) ter ostale manj uspešne evropske države (Luksemburg, Malto, Lihtenštajn, San Marino, Ciper ipd.). Najzanimivejše je, da so v tej skupini štiri južnoameriške države (Argentina, Brazilija, Čile in Urugvaj). Razlog je dejstvo, da najboljše nogometne reprezentance prihajajo iz Evrope in Južne Amerike. Konfederacija, ki predstavlja slednjo, vsebuje le deset držav in tako najboljše države iz tega dela sveta precej igrajo tudi z evropskimi reprezentancami. Srečujejo se na največjih tekmovanjih, a tudi na prijateljskih tekmah, saj veliko najboljših igralcev iz teh

Slika 7.8: Šesta skupina v matriki sosednosti omrežja nogometnih gostovanj



južnoameriških držav nastopa za klube v Evropi. Visoka kakovost teh južnoameriških ekip in pomanjkanje primerljivih nasprotnikov (ali celo nasprotnikov nasploh) v južnoameriški konfederaciji sta glavna razloga za tako razporeditev. To tezo potrjuje tudi dejstvo, da južnoameriške ekipe v šesti skupini več tekem odigrajo z boljšimi nasprotniki iz te skupine kot z ostalimi reprezentancami iz šeste skupine. Tudi rezultati tega razdelka potrjujejo hipotezo o povezanosti kakovosti akterjev v športnih omrežjih s številom odigranih dvobojev.

### 7.1.5 Nogometiši in trenerji na svetovnih prvenstvih

Že v podpoglavju 1.3 in razdelku 7.1.4 smo povedali, da so na svetovnih nogometnih prvenstvih najuspešnejše evropske in južnoameriške države. Reprerentance iz teh dveh konfederacij so doslej zmagale na vseh prvenstvih, evropske države desetkrat, južnoameriške devetkrat. Med državami je s petimi naslovi svetovnih prvakov najboljša Brazilija, sledita Italija s štirimi in Nemčija (pod zastavo Zahodne Nemčije) s tremi naslovi. Brazilija je tudi edina država, ki se lahko pohvali z udeležbo na vseh dosedanjih svetovnih nogometnih prvenstvih. Razloge za prevlado in premoč držav iz izključno evropske in južnoameriške konfederacije so Hoffmann in drugi (2002) iskali v kulturi, demografiji, klimatskem okolju in ekonomiji (bruto domačem proizvodu). Vpliv omenjenih področij so potrdili, čeravno ne nujno v linearni povezavi. Ugotovili so, da imajo bogatejše države več uspeha od manj bogatih, vendar le do neke stopnje, saj lahko prebogatih državam tak položaj pri uspehu tudi škoduje.

Med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih so velike razlike v številu igralcev, ki igrajo v domači ligi posamezne države, in številu igralcev, ki igrajo v tujih ligah. Baur in Lehmann (2007) sta raziskovala, ali je bil uspeh posameznih reprezentanc udeleženk svetovnega prvenstva leta 2006 v Nemčiji odvisen od t. i. *mobiliteti* njenih igralcev. Natančneje, analizirala sta, ali je bil uspeh posamezne reprezentance odvisen od števila igralcev, ki ne igrajo v domači ligi (tj. od *izvoženih* igralcev) in od števila reprezentantov iz drugih držav udeleženk prvenstva, ki igrajo v njeni domači ligi (*uvoženi* igralci). Nogometiši, ki igrajo v tujini, so velikokrat izkušenejši od povprečnih igralcev (Carmichael in drugi, 1999). Izvoženi igralci s svojim znanjem, ki so ga pridobili v tujini, do neke mere širijo obzorja soigralcem v reprezentanci, ki se še niso izpopolnjevali v tujini. Pri tem lahko pride tudi do negativnega učinka, saj preveliko število t. i. legionarjev povzroči nehomogenost znotraj ekipe in celo pomanjkanje nacionalnega naboja. Prav tako preveliko število zvezdnikov iz tujine v skrajni fazi razbije ekipni duh znotraj reprezentance. Po drugi strani pa lahko iz drugih držav uvoženi igralci v klubih zavirajo razvoj mladih nadarjenih nogometišev, kar je dolgoročno pogubno za reprezentanco. Mladi igralci ne dobijo dovolj priložnosti za igranje in dokazovanje v pomembnih trenutkih tekem, kar lahko njihovi karieri le škoduje. To tezo sta empirično potrdila Baur in Lehmann (2007). Seveda velja v klubih podobno

kot v reprezentancah, domači igralci se lahko od igralcev iz tujine mnogokrat zelo veliko naučijo.

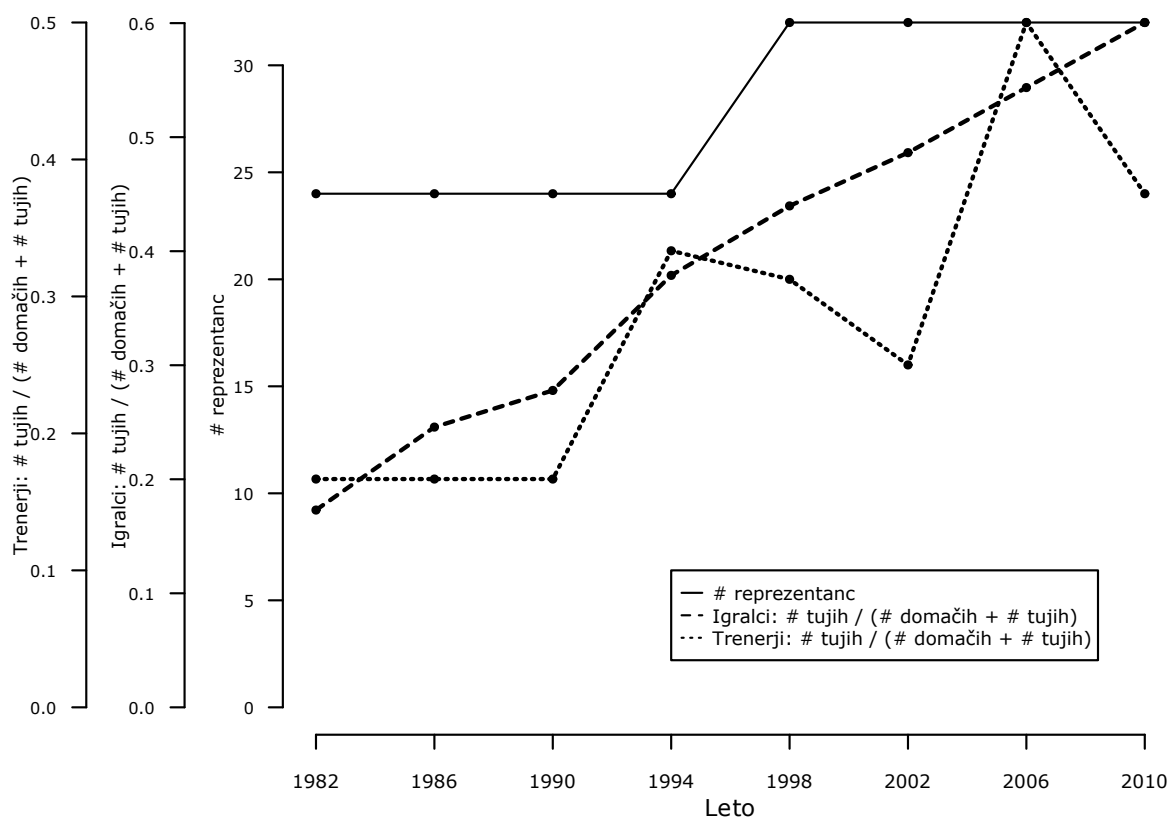
Namen razdelka je identificirati najpomembnejše države udeleženke svetovnih nogometnih prvenstev, ki izvažajo svoje nogometne reprezentante, in po drugi strani najti države, ki najpogosteje uvozijo nogometaše. V podpoglavju 2.1 smo že omenili, da je bila osnovna analiza za svetovno nogometno prvenstvo leta 2002 v Republiki Koreji in na Japonskem že narejena (Batagelj in Mrvar, 2004). V naši analizi smo razširili časovno obdobje raziskovanja te problematike na vsa svetovna prvenstva, za katera smo uspeli zbrati potrebne podatke. Dodali smo analizo mobilnosti trenerjev v istem časovnem obdobju. V razdelku 7.2.2 bomo to še nadgradili, in sicer na nivoju klubov. Omenimo, da so podobne analize mnogokrat povezane z višinami denarnih transferjev (Amir in Livne, 2005; Lucifora in Simmons, 2003), kar v tem primeru ni naš namen.

Na spletni strani svetovne nogometne organizacije FIFA smo poiskali podatke o reprezentancah (in tudi njihovih igralcih), ki so sodelovale na svetovnih nogometnih prvenstvih od leta 1982 dalje. Pred tem je na svetovnem prvenstvu sodelovalo po 16 reprezentanc, na naslednjih štirih prvenstvih so število sodelujočih reprezentanc povečali za osem. Na zadnjih štirih svetovnih nogometnih prvenstvih (med letoma 1998 in 2010) jih je sodelovalo že 32. Porazdelitev števila sodelujočih reprezentanc na zadnjih osmih svetovnih nogometnih prvenstvih je prikazana na sliki 7.9.

Zanimivo je spremljati razmerje med številom igralcev, ki igrajo v tujini, in številom vseh igralcev, ki so igrali za reprezentanco (torej tudi članov klubov iz domače lige). Kot je razvidno s slike 7.9, delež igralcev iz tujine s časom narašča. Od leta 1982 do leta 2010 je delež igralcev, ki igrajo v tujih ligah, zrastel s 17,3 % na kar 60 %. Po Milovanovicu (Milanovic, 2005) in Simmons (Simmons, 1997) bi se moral kazati vpliv Bosmanovega pravila po letu 1995 v povečanem razmerju med številom reprezentantov, ki igrajo v tujih ligah, in številom vseh reprezentantov. S slike 7.9 je razvidno, da krivulja, ki prikazuje to razmerje, po letu 1995 res narašča, a ne strmeje kot v prejšnjih letih.

Naraščajoči trend razberemo tudi za delež tujih trenerjev. Krivulja na sliki 7.9, ki prikazuje razmerje med trenerji, ki vodijo reprezentanco iz tuje države, in vsemi tre-

Slika 7.9: Prikaz števila sodelujočih reprezentanc, količnika med številom tujih igralcev in vsote domačih ter tujih igralcev in količnika med številom tujih trenerjev in vsote domačih ter tujih trenerjev po svetovnih nogometnih prvenstvih od leta 1982 do leta 2010



nerji, je v primerjavi s krivuljo, ki prikazuje igralce, bolj nestanovitna, saj dvakrat naraste in kar trikrat pade. A odstotek tujih trenerjev v reprezentancah je v opazovanem obdobju prav tako zrastel, in sicer s 16,7 % na 37,5 %.

Od (vključno) leta 1982 naprej je bilo odigranih osem svetovnih nogometnih prvenstev, na katerih je 74 reprezentanc nastopilo vsaj enkrat. Argentina, Brazilija, Italija in Španija so nastopile na vseh osmih. Prav tako Nemčija, če za prva tri prvenstva upoštevamo, da je igrala zasedba iz Zahodne Nemčije. Omrežje smo definirali na naslednji način. Akterje v omrežju predstavljajo države, ki so vsaj enkrat sodelovale na svetovnih nogometnih prvenstvih v opazovanem obdobju, in države, v katerih igrajo nogometaši oziroma delajo trenerji iz reprezentanc udeleženk svetovnih nogometnih prvenstev. Nato smo v omrežje vpeljali pet relacij, in sicer:

- relacija 1: trener iz države 1 trenira reprezentanco v državi 2,
- relacija 2: vratar iz države 1 igra v klubu iz države 2,
- relacija 3: obrambni igralec iz države 1 igra v klubu iz države 2,
- relacija 4: vezni igralec iz države 1 igra v klubu iz države 2,
- relacija 5: napadalec iz države 1 igra v klubu iz države 2.

Državi sta med sabo povezani z usmerjeno povezavo, če igralec oziroma trener iz prve države igra v klubu oziroma trenira reprezentanco iz druge države. Povezava je usmerjena od države, iz katere prihaja igralec oziroma trener, do države, v kateri je klub, za katerega igralec trenutno igra, oziroma do države, iz katere je reprezentanca, ki jo trener trenira. Opisano večkratno omrežje vsebuje 80 držav in 5238 usmerjenih povezav, med katerimi je 3106 zank. Te predstavljajo nogometaše, ki igrajo v domači ligi, oziroma trenerje, ki trenirajo reprezentanco države, iz katere prihajajo tudi sami. Ker nas v tej analizi igralci in trenerji, ki igrajo v oziroma trenirajo v domačih državah, ne zanimajo, smo zanke izbrisali iz omrežja.

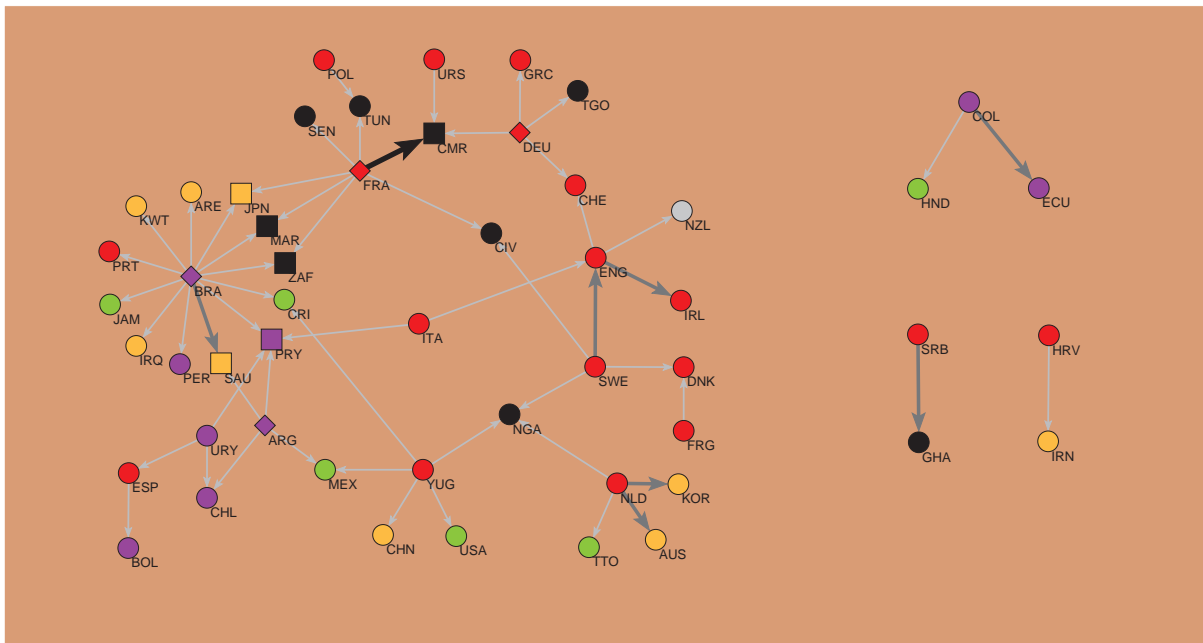
Iz nastalega večkratnega omrežja smo najprej izluščili prvo relacijo, ki predstavlja delovanje trenerjev posameznih reprezentanc. Če iz omrežja, definiranega z relacijo 1, odstranimo države, ki nimajo nobene povezave z drugimi državami, nam ostane 52 držav v štirih šibko povezanih komponentah. Dve šibki komponenti vsebujeta le po dve državi, ena šibka komponenta je sestavljena iz treh držav, preostalih 45 držav sestavlja največjo šibko komponento. Omrežje je predstavljeno na sliki 7.10.

Države so na sliki 7.10 pobarvane glede na konfederacijo, iz katere prihajajo. Rdeča barva je uporabljena za evropsko konfederacijo UEFA, zelena in vijolična za konfederaciji CONCACAF in CSF ter po vrsti črna, oranžna in siva za konfederacije CAF, AFC in OFC. Enak kriterij smo uporabljali tudi na preostalih slikah v tem razdelku.

Naš cilj je identificirati države, ki so največje izvoznice in uvoznice trenerjev, ki so vodili reprezentance na svetovnih nogometnih prvenstvih med letoma 1982 in 2012. V ta namen smo za države oziroma točke v omrežju izračunali dva vektorja. Komponenta prvega vektorja pri posamezni državi predstavlja utež kazal, druga predstavlja utež virov. Metodo kazal in virov smo opisali v razdelku 6.2.2.



Slika 7.10: Omrežje držav, ki predstavlja odhode trenerjev iz lastne države na delo v tujino



Države, ki imajo najvišje uteži pri kazalnih, so na sliki 7.10 označene s karo obliko točk. To so Brazilija, Francija, Nemčija in Argentina, ki veljajo za najboljše izvoznice reprezentančnih trenerjev. Največ tujih trenerjev nogometnih reprezentanc, ki so sodelovale na svetovnih nogometnih prvenstvih, prihaja iz Brazilijske. Trenerji iz te države so na svetovnih prvenstvih poleg domače vodili še dvanajst reprezentanc drugih držav. Poudarimo, da države, ki so jih vodili brazilski trenerji, prihajajo iz vseh konfederacij razen iz Oceanije. Povsem drugače je pri francoskih trenerjih. Od sedmih držav, ki so jih poleg Francije vodili na svetovnih nogometnih prvenstvih, je kar šest predstavnic afriške konfederacije CAF. Med njimi najdemo veliko nekdanjih francoskih kolonij na afriški celini: Kamerun, Slonokoščeno obalo, Senegal, Maroko in Tunizijo. Argentinski in nemški trenerji praviloma izbirajo poleg svoje države še sosednje ali vsaj države iz iste oziroma sosednje konfederacije.

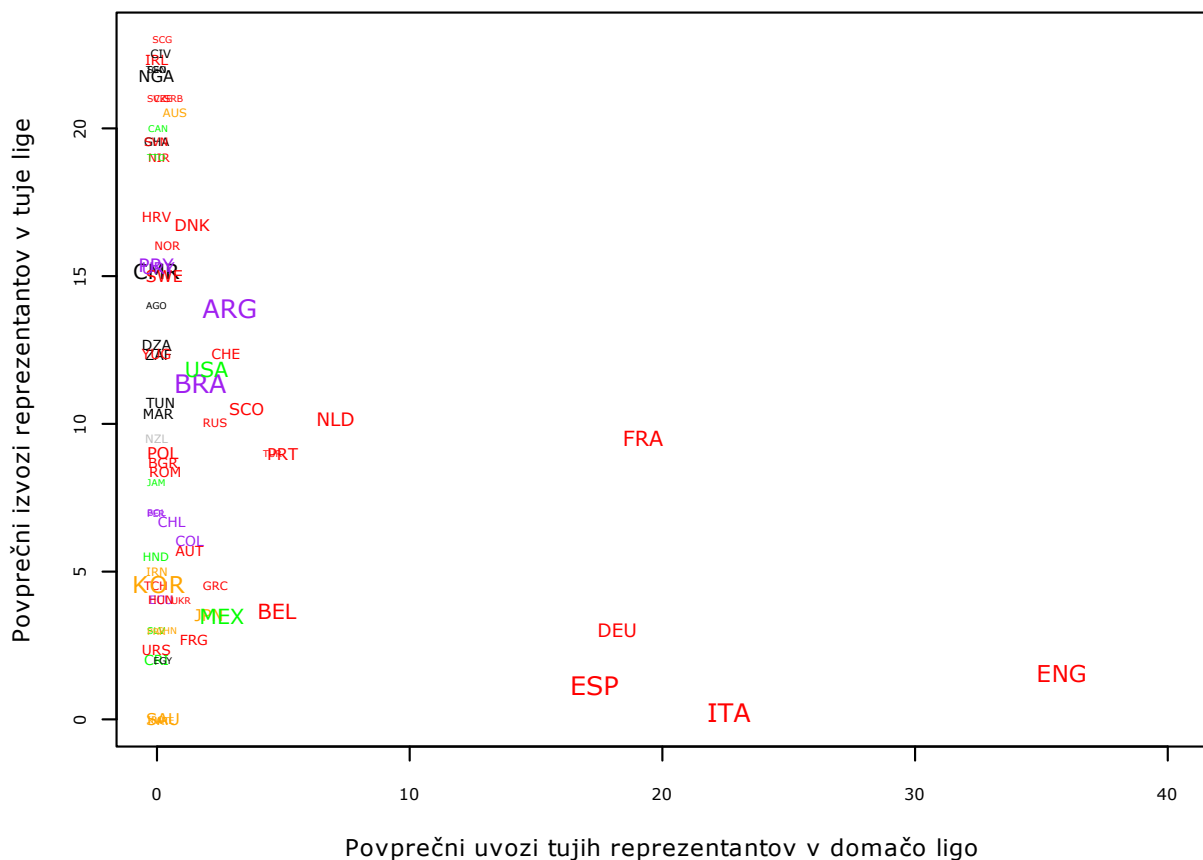
Države, ki imajo najvišje uteži pri virih, na sliki 7.10 so označene s kvadrati, so: Kamerun, Saudova Arabija, Paragvaj, Japonska, Maroko in Republika Južna Afrika. Reprezentanca Kameruna se je šestkrat uvrstila na svetovno nogometno prvenstvo v zadnjih osmih poskusih, vendar nikoli s svojim trenerjem. Kar na štirih prvenstvih je njihovo moštvo vodil trener iz Francije. Tako jim pripada mesto največjih uvoznikov

nogometnih trenerjev na svetovnih nogometnih prvenstvih, kar potrjuje tudi najvišja utež pri virih. Nasploh je zanimivo, da noben trener iz afriške konfederacije CAF v opazovanem obdobju ni vodil nobene reprezentance iz druge konfederacije. Med reprezentancami iz afriške konfederacije, ki uvažajo trenerje iz držav najpomembnejših izvoznic, najdemo še Maroko in Republiko Južno Afriko. Obe reprezentanci sta na svetovnih prvenstvih po enkrat nastopali s trenerjema iz Brazilije in Francije. Enako taktiko je izbrala tudi Japonska. Paragvaj je reprezentanca, ki je med državami iz Južne Amerike v opazovanem obdobju najpogosteje uvažala trenerje iz tujine. Trikrat so bili to trenerji iz iste konfederacije (iz Brazilije, Argentine in Urugvaja), enkrat so se odločili za trenerja iz Italije. Saudova Arabija se praviloma odloča za reprezentančne trenerje iz Južne Amerike, dvakrat jo je zastopal brazilski trener in enkrat Argentinec.

Nadaljevali bomo z analizo uvozov in izvozov igralcev. Na sliki 7.11 smo prikazali razsevni diagram povprečnih uvozov in izvozov reprezentantov po državah udeleženkah svetovnih nogometnih prvenstev od vključno leta 1982 naprej. Države so pobarvane glede na konfederacijo, iz katere prihajajo. Velikost oznake, ki predstavlja posamezno državo, je premo sorazmerna s številom njenih nastopov na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih. Pri uvozu tujih reprezentantov v domačo ligo smo skupno število uvoženih nogometašev na zadnjih osmih svetovnih nogometnih prvenstvih delili s številom osem in tako izračunali, koliko reprezentantov s svetovnih prvenstev posamezna država v povprečju uvozi v svojo ligo. Na vrhu so angleški klubi, ki uvozijo v povprečju 36 reprezentantov iz drugih držav udeleženk svetovnih nogometnih prvenstev v svojo ligo *Premier*. Poleg Anglije izstopajo še štiri evropske države: Italija, Francija, Nemčija in Španija. Tako ni naključje, da lige teh petih evropskih držav tvorijo t. i. veliko peterico. Povprečno število uvoženih nogometašev se v ligah vseh ostalih držav giblje pod osem. Precej nejasna je slika pri izvozih reprezentantov. Število vseh izvoženih reprezentantov posamezne države smo delili s številom nastopov te države na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih. Na vrhu se nahajajo naslednje reprezentance: Srbija in Črna gora, Slonokoščena obala, Irska, Senegal, Nigerija itd. Najdemo lahko tudi tri države, ki v svoji reprezentanci niso nikoli imele igralca, ki bi igral v tujini. To so Saudova Arabija (na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih je nastopala sicer kar štirikrat), Kuvajt in Združeni Arabski Emirati (obe državi sta nastopali le po enkrat).

Tudi med boljšimi reprezentancami najdemo take, ki nimajo nogometašev, ki igrajo v tujini. Italijani so v svojih vrstah imeli le dva taka igralca, čeprav so nastopali na vseh zadnjih osmih svetovnih prvenstvih. Podobno izbirajo svoje reprezentante v Španiji in Angliji. Francozi med veliko peterico izstopajo, v povprečju na prvenstvo uvozijo deset igralcev, ki igrajo v tujini.

Slika 7.11: Razsevni diagram povprečnih uvozov in izvozov reprezentantov po državah udeleženkah svetovnih nogometnih prvenstev



Reprezentance na svetovnih nogometnih prvenstvih od leta 2002 naprej praviloma zastopa po 23 igralcev, ki jih lahko glede na mesto igranja razdelimo na vratarje, obrambne in vezne igralce ter napadalce. Pred svetovnim nogometnim prvenstvom leta 2002 v Republiki Koreji in na Japonskem je posamezno reprezentanco zastopalo največ 22 igralcev. Ob poškodbi igralca med prvenstvom ga lahko nadomesti rezervni igralec, ki kasneje prispe na prvenstvo. V takih primerih smo v omrežjih upoštevali oba igralca.

Za vsako od štirih skupin igralcev, torej za vratarje, obrambne in vezne igralce ter

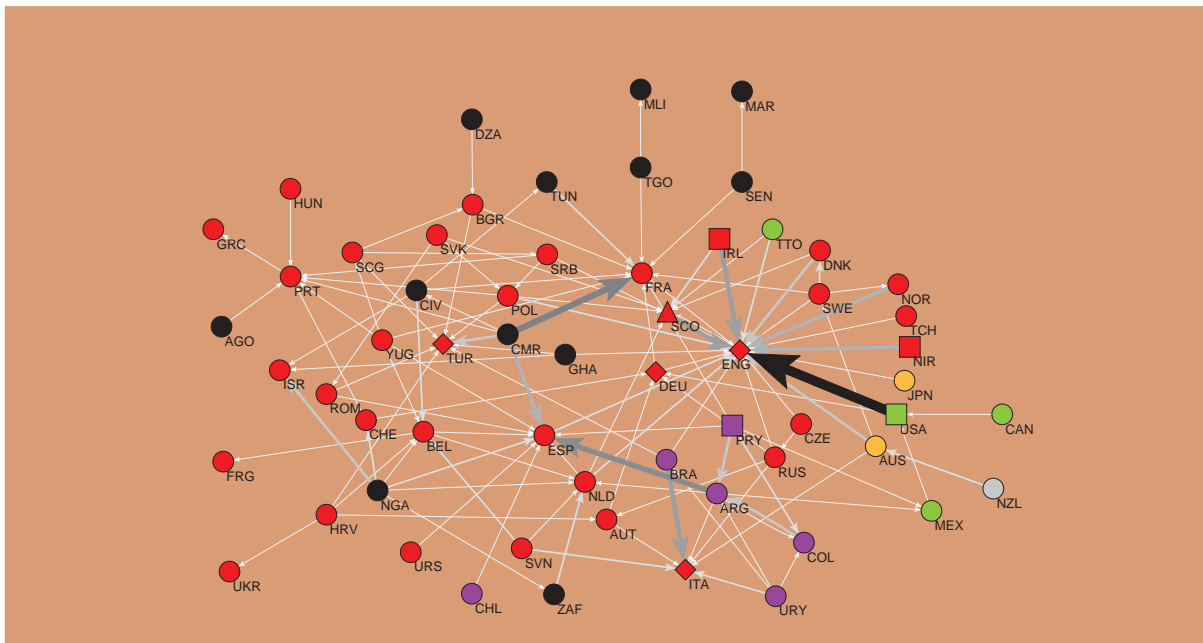
napadalce, smo najprej iz večkratnega omrežja izluščili posamezna omrežja in nato v vsakem omrežju izračunali dva vektorja, vektor kazal in vektor virov (zaradi velikosti se tabela B nahaja v prilogi). Pri vsaki skupini igralcev smo v tabeli B potemnilo vrednosti petih najmočnejših kazal in petih najmočnejših virov, ki ustrezajo petim najmočnejšim izvoznikom in petim najmočnejšim uvoznikom nogometnih reprezentantov, ki so nastopali na svetovnih nogometnih prvenstvih v opazovanem obdobju. Sledi opis omrežij po vrstah igralcev.

## Vratarji

Med vsemi štirimi skupinami igralcev je teh najmanj, saj ima vsaka reprezentanca na svetovno nogometno prvenstvo pravico pripeljati le tri. Seveda je to logična posledica razporeditve enajsterice igralcev na igrišču, kjer v vsaki ekipi nastopa le en vratar. Usmerjeno omrežje z relacijo *vratar iz države 1 igra v klubu iz države 2* vsebuje eno šibko povezano komponento s 60-imi reprezentancami. Omrežje je prikazano na sliki 7.12. Največji izvozniki (kazala) so ponazorjeni s kvadratki, največji uvozniki (viri) s karo obliko točk. Če je reprezentanca hkrati med največjimi izvozniki in uvozniki, smo jo ponazorili s trikotnikom. Položaj točk, ki predstavljajo reprezentance na sliki 7.12, je bil določen s pomočjo algoritma Kamada-Kawai. Zaradi večje preglednosti so bili potrebni manjši premiki določenih točk.

Poseben status med vsemi državami na sliki 7.12 in med vratarji v tabeli B v prilogi zavzema Anglija. Je največja uvoznica vratarjev iz drugih držav udeleženk svetovnih prvenstev. Pri tem ji najbolj pomagajo Združene države Amerike, ki so v Anglijo med letoma 1982 in 2010 izvozile kar enajst vratarjev, ki so zastopali Združene države Amerike na največjem nogometnem tekmovanju. Po pet reprezentančnih vratarjev so v Anglijo v tem obdobju izvozili tudi Irci in Škoti, po tri še Severni Irci in Norvežani. Pri uvozu vratarjev Angliji sledijo Škotska, Nemčija, Turčija in Italija. Z zadnjo tradicionalno dobro sodelujejo južnoameriške države, Brazilija je v Italijo izvozila pet reprezentančnih vratarjev. Tudi Slovenija je v Italijo izvozila dva reprezentančna vratarja (Samirja in Jasmina Handanovića). Ob Združenih državah Amerike in Škotski med dobre izvoznike prištevamo še Republiko Irsko in Severno Irsko ter Paragvaj. Podobno kot pri trenerjih lahko pri vratarjih opazimo navezanost Francije na afriške države. Iz

Slika 7.12: Omrežje prehodov nogometnih vratarjev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010



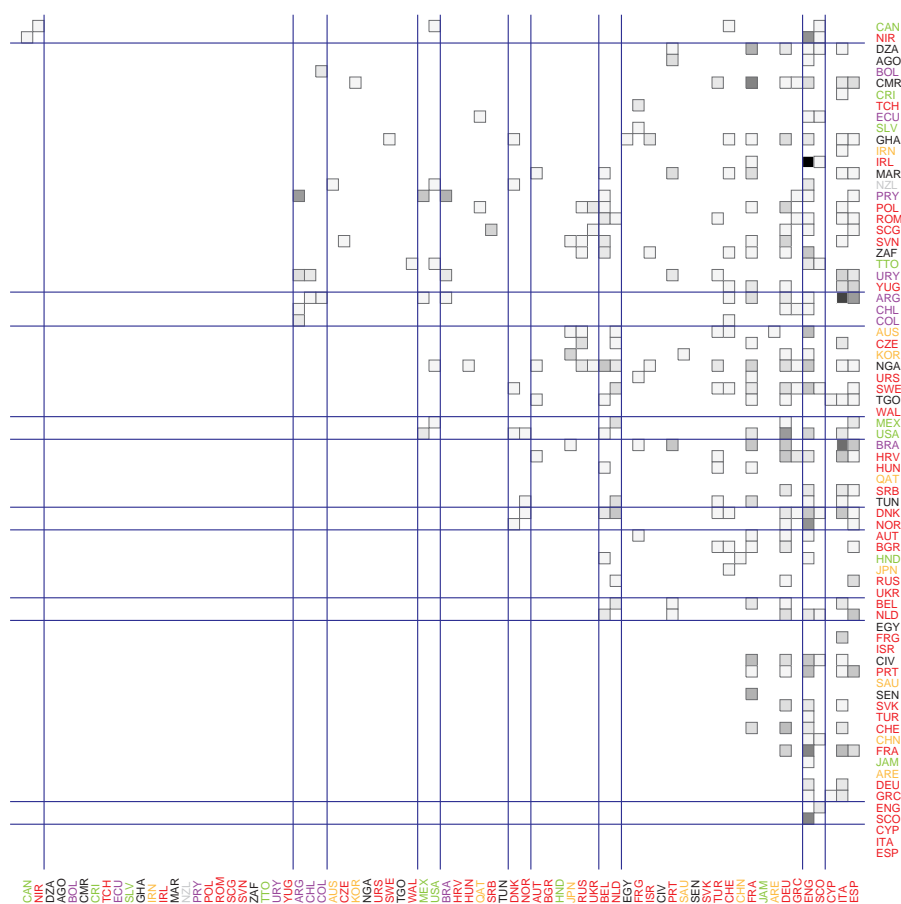
Kameruna so v francoske klube uvozili kar sedem reprezentančnih vratarjev in posamezne še iz Tunizije, Toga in Senegala.

### Obrambni igralci

Omrežje mobilnosti obrambnih igralcev, ki so v opazovanem obdobju zastopali reprezentance na svetovnih nogometnih prvenstvih, je sestavljeno iz ene šibko povezane komponente s 74-imi reprezentancami. Zaradi večjega števila obrambnih igralcev od števila vratarjev na svetovnih nogometnih prvenstvih je omrežje mobilnosti obrambnih igralcev gostejše od omrežja mobilnosti vratarjev. Povprečna stopnja točk v omrežju mobilnosti obrambnih igralcev znaša 7,86, medtem ko je povprečna stopnja točk v omrežju mobilnosti vratarjev enaka 4,03. Zaradi večje preglednosti smo omrežje mobilnosti obrambnih igralcev predstavili z matriko na sliki 7.13. Ker šibko povezana komponenta s 74-imi reprezentancami vsebuje šest manjših krepko povezanih komponent, je dobljeno omrežje skoraj aciklično. Šibka komponenta, ki jo dobimo s stiskanjem vseh krepkih komponent, se imenuje *krepka skrčitev* (ang. *condensation*) in je aciklična (Cartwright in Harary, 1977). Največjo krepko povezano komponento tvorijo reprezentance Argentine, Čila in Kolumbije, ostale krepko povezane komponente ses-

tavljajo naslednji pari držav: Belgija in Nizozemska, Kanada in Severna Irska, Danska in Norveška, Anglija in Škotska ter Mehika in Združene države Amerike. Razporeditev reprezentanc na sliki 7.13 smo dobili s pomočjo bločnega modeliranja (Doreian in drugi, 2005; Batagelj in drugi, 2004). Ob upoštevanju opisanih krepkih komponent, torej če vsako krepko povezano komponento stisnemo v eno točko, je matrika na sliki 7.13 zgornje trikotna matrika.

Slika 7.13: Matrika prehodov obrambnih nogometnih igralcev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010



Največje države uvoznice obrambnih nogometašev udeležencev svetovnih nogometnih prvenstev po letu 1982 so Anglija, Francija, Nemčija, Španija in Italija (tabela B v prilogi). Anglija je uvažala obrambne igralce iz 39-ih držav, sledita Nemčija in Italija z uvozom iz 31-ih oziroma 30-ih držav. Anglija tradicionalno največ reprezentančnih nogometašev uvažja iz Republike Irske, in tako je tudi v primeru obrambnih igralcev,

saj je kar 23 irskih reprezentantov udeležencev vsaj enega izmed zadnjih osmih svetovnih nogometnih prvenstev igralo v angleških klubih. Nogometno zelo uspešni južnoameriški državi, Brazilija in Argentina, sta med glavnimi viri tujih reprezentančnih obrambnih igralcev v italijanskih klubih. 17 obrambnih igralcev je Italija uvozila iz Argentine in 13 iz Brazilije. Preseneča podatek, da kljub velikemu izvozu reprezentančnih obrambnih igralcev iz Argentine in Brazilije, le-ti skoraj nikoli ne končajo v Angliji. Francija spada ne le med največje uvoznice, temveč tudi med največjih pet izvoznic obrambnih nogometašev. V to skupino uvrščamo še Argentino, Irsko, Norveško in Škotsko. Francoski klubi največ sodelujejo s Kamerunci, do sedaj so jih uvozili že 11. Sicer v največ držav, kar v 15, izvaža svoje reprezentančne obrambne igralce Nigerija, vendar praviloma le redko v države največje uvoznice. Tako Nigerije ne najdemo med petimi najpomembnejšimi izvoznicami obrambnih igralcev (tabela B v prilogi).

### **Vezni igralci**

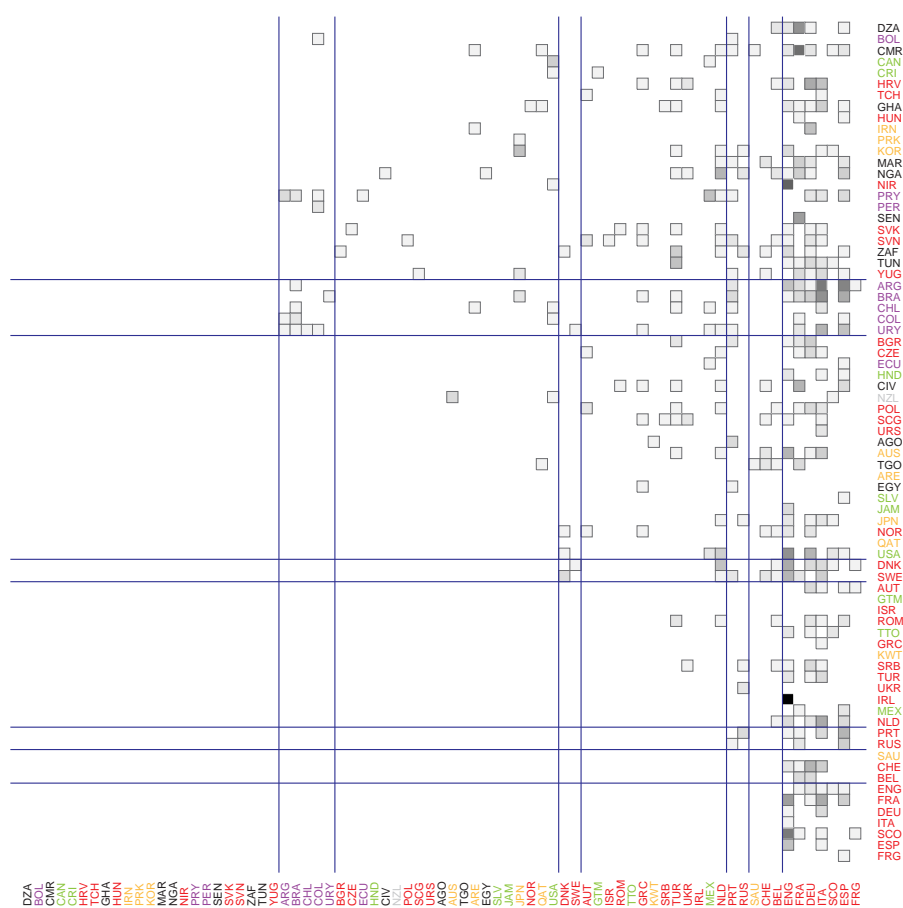
Šibko povezana komponenta s 75-imi reprezentancami sestavlja omrežje mobilnosti veznih igralcev. Povprečna stopnja točk v tem omrežju je še višja kot v omrežjih vratarjev in obrambnih igralcev in znaša 8,72. Šibko povezana komponenta vsebuje štiri krepko povezane komponente, ki vključujejo naslednje države:

- Anglijo, Francijo, Nemčijo, Italijo, Škotsko, Španijo, nekdanjo Zahodno Nemčijo,
- Argentino, Brazilijo, Čile, Kolumbijo, Urugvaj,
- Dansko, Švedsko,
- Portugalsko, Rusijo.

Če vsako od štirih krepko povezanih komponent stisnemo v eno točko, je dobljeno omrežje mobilnosti veznih nogometnih igralcev aciklično. Prikaz tega omrežja je zaradi njegove gostote na sliki 7.14 v matrični obliki. Iz tabele B v prilogi lahko razberemo, da je vseh pet največjih uvoznic reprezentančnih veznih nogometašev v prvi krepko povezani komponenti. Podobno kot pri obrambnih igralcih so to Anglija, Francija, Nemčija, Italija in Španija. Anglija in Italija uvažata vezne igralce iz 35-ih držav udeleženk zadnjih osmih svetovnih nogometnih prvenstev, sledi Nemčija z uvozi iz 33-ih držav. Po pričakovanju sta največji izvoznici v angleške klube sosedi, Republika Irska

in Severna Irska z 21-imi oziroma 13-imi v Anglijo izvoženimi reprezentančnimi veznimi igralci. Sledijo Združene države Amerike in Francija (v Anglijo sta izvozili 9 oziroma 8 veznih igralcev). Francija največ sodeluje z afriškimi veznimi igralci (Kamerun jih je v Francijo izvozil 12; Alžirija 9; Senegal 8; Nigerija 4). Francija je edina država, ki hkrati spada med najmočnejše uvoznice in izvoznice veznih nogometnih igralcev. Veliko izvažata predvsem v Italijo in Anglijo, nekaj tudi v Španijo in Nemčijo. Zaradi velikega izvoza v Anglijo sta med pomembnejšimi izvoznicami Republika Irska in Severna Irska. Poleg Francije, Republike Irske in Severne Irske so v tej skupini še Argentina in Združene države Amerike. Prioriteta argentinskih veznih igralcev sta Italija in Španija, za igralce iz Združenih držav Amerike je to Anglija.

Slika 7.14: Matrika prehodov veznih nogometnih igralcev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010





## Napadalci

Najbolj zaželeni in iskani na nogometnem trgu so napadalci, ki so temu primerno tudi najbolj plačani; njihovim prestopom skrbno sledijo mediji. 72 držav sestavlja šibko povezano komponento mobilnosti napadalcev, ki vsebuje tri krepko povezane komponente:

- Belgija, Francija, Nemčija, Grčija, Nizozemska, Romunija, Škotska,
- Anglija, Italija, Španija, nekdanja Zahodna Nemčija,
- Avstrija, Češka, Švica.

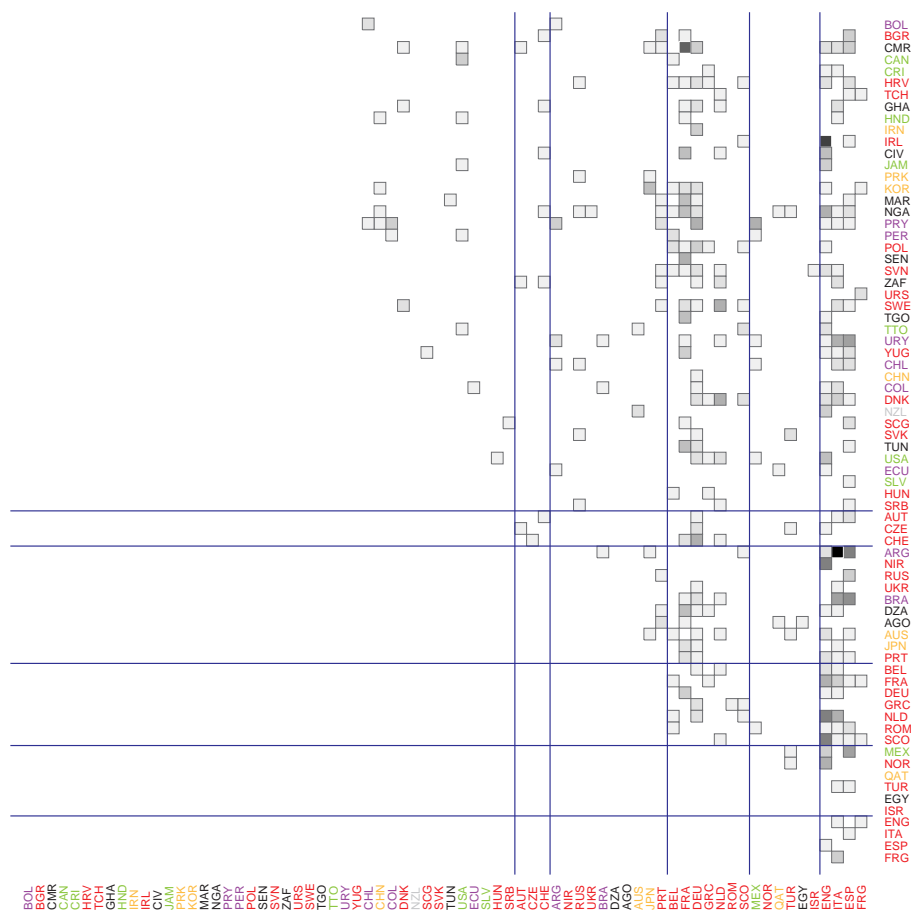
Na sliki 7.15 je prikaz (skoraj) zgornje trikotne matrike omrežja mobilnosti napadalcev. Povprečna stopnja točk v omrežju napadalcev znaša 7,83. Med največjimi uvoznici napadalcev se na vrhu še vedno nahaja Anglija (tabela B v prilogi), čeprav je njena prednost pred ostalimi pomembnimi uvoznici v tem primeru manjša. Angliji tesno sledita Italija in Španija, na četrtem mestu najdemo Francijo in za njo še Nemčijo.

Med najmočnejšimi petimi uvoznici mesti na vrhu zasedata južnoameriški državi Argentina in Brazilija. Prva je 16 svojih reprezentančnih napadalcev udeležencev svetovnih nogometnih prvenstev izvozila v Italijo in 8 v Španijo. Tudi Brazilija je največ izvažala v ti dve državi, v Španijo 7 in v Italijo 6 napadalcev. Ostale tri pomembne izvoznice napadalcev so Republika Irska, Nizozemska in Kamerun. Republika Irska je pri tem ponovno najmočnejše povezana z Anglijo (12 napadalcev) in Kamerun s Francijo (10 napadalcev). Nizozemska je 8 svojih reprezentančnih napadalcev izvozila v Anglijo.

### 7.1.6 Omrežje supervelomojstrov

Najvišji naslov, ki ga lahko osvojijo šahisti, je naslov *velemojstra*. V tabeli 7.9 je prikazano trenutno število dejavnih velemojstrov desetih najuspešnejših držav. Omenili smo že, da lahko ženske šahirajo proti moškim in tako dosejajo iste šahovske naslove. Število velemojstrov v stolpcu z imenom absolutna kategorija nam prikazuje trenutno število igralcev (moških in žensk) z velemojstrskim nazivom v posamezni državi. Poseben šahovski naziv je tudi velemojstrica, za katerega je treba izpolniti manj stroge

Slika 7.15: Matrika prehodov nogometnih napadalcev med sodelujočimi državami na svetovnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010



pogoje. V obeh kategorijah prevladuje Rusija. Sledijo ji države z močno šahovsko tradicijo: Nemčija, Ukrajina, Združene države Amerike in ostale.

Natančnejša mera (od šahovskih kategorij) za določanje jakosti šahistov so jakostne točke ELO (razdelek 6.1.3). Najboljši med najboljšimi so v skupini, ki ima čez 2700 jakostnih točk ELO (imenovali jo bomo skupina *supervelemojstrov*). Ker se je jakostna lestvica ELO v opazovanem obdobju, med letoma 2008 in 2011, večkrat spreminjala, se bomo pri analizi omejili na igralce, ki so svojo šahovsko jakost v celotnem obdobju ohranjali nad mejo 2700 točk. V tej skupini najdemo le 17 igralcev, med njimi je kar šest Rusov (Kramnik, Karjakin, Grischuk, Svidler, Jakovenko in Morozevich). Poleg njih najdemo še po dva Azerbajdžanca (Mamedyarov in Radjabov) in Ukrajinca (Ivanchuk in Ponomariov) ter po enega Armenca (Aronian), Bolgara (Topalov), Indijca (Anand),

Tabela 7.9: Število aktivnih velemojstrov desetih najuspešnejših držav

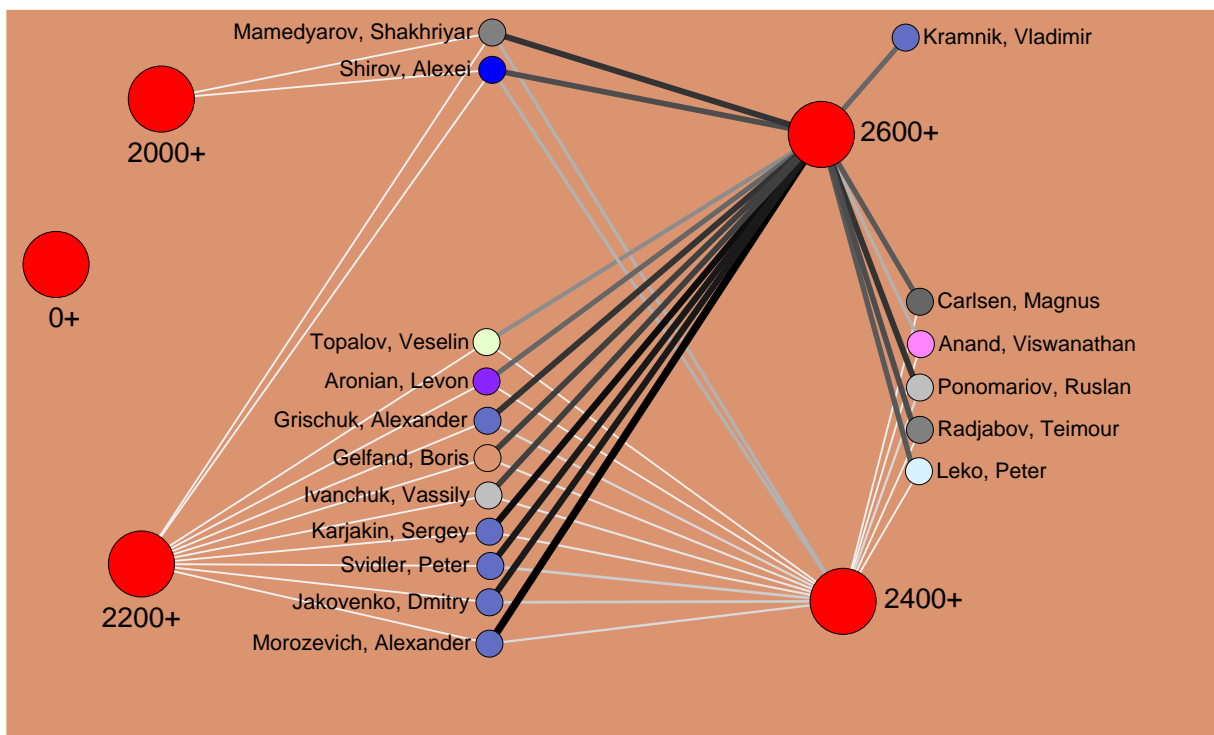
Država	Aktivni velemojstri		
	Absolutna kategorija	Ženska kategorija	Skupaj
Rusija	152	31	183
Nemčija	66	11	77
Ukrajina	66	11	77
Združene države Amerike	48	6	54
Srbija	42	8	50
Francija	42	5	47
Madžarska	41	6	47
Izrael	36	2	38
Španija	34	3	37
Poljska	32	8	40

Izraelca (Gelfand), Latvijca (Shirov), Madžara (Leko) in Norvežana (Carlsen). Le za štiri izmed naštetih šahistov (to so Topalov, Anand, Leko in Carlsen) bi lahko trdili, da nimajo ničesar skupnega z nekdanjo Sovjetsko zvezo, kar samo potrjuje svetovni primat te nekdanje šahovske velesile.

V poglavju 5 smo videli, da se vsi supervelemojstri z izjemo Rusa Morozevicha nahajajo na istem povezavnem otoku (slika 5.7b). Analizo bomo nadaljevali s podrobnejšim pregledom jakosti njihovih nasprotnikov v opazovanem obdobju. V ta namen smo vse preostale šahiste v bazi združili v pet skupin glede na njihovo povprečno izmerjeno jakost med letoma 2008 in 2011. Igralce s povprečno jakostjo do 2000 jakostnih točk ELO smo združili v skupino z imenom 0+. Podobno smo ustvarili skupine z imeni 2000+, 2200+, 2400+ in 2600+. Tako se v skupini 2000+ nahajajo šahisti s povprečno jakostjo med vključno 2000 in do pod 2200 jakostnih točk ELO, podobno velja za skupini 2200+ in 2400+. V zadnji skupini (2600+) so vsi igralci s povprečno jakostjo 2600 in več jakostnih točk ELO, ki niso v skupini supervelemojstrov. Na sliki

7.16 so skupine igralcev, ki ne sodijo v skupino supervelemejstrov, predstavljene z velikimi rdečimi točkami, a supervelemejstri so predstavljeni posamično. Dodatno smo izbrisali vse povezave med igralci, ki ne sodijo v skupino supervelemejstrov, in tudi povezave med vsemi 17-imi igralci iz te skupine. Ostale so le povezave med skupinami in supervelemejstri. Na koncu smo preostale povezave še normalizirali. Vrednost povezave smo delili s številom vseh odigranih partij igralca iz skupine supervelemejstrov, ki mu pripada povezava. Temnejša barva povezave igralca z neko skupino pomeni, da je bilo med njim in člani te skupine odigranih več partij.

Slika 7.16: Prikaz odigranih partij skupine supervelemejstrov proti ostalim šahistom

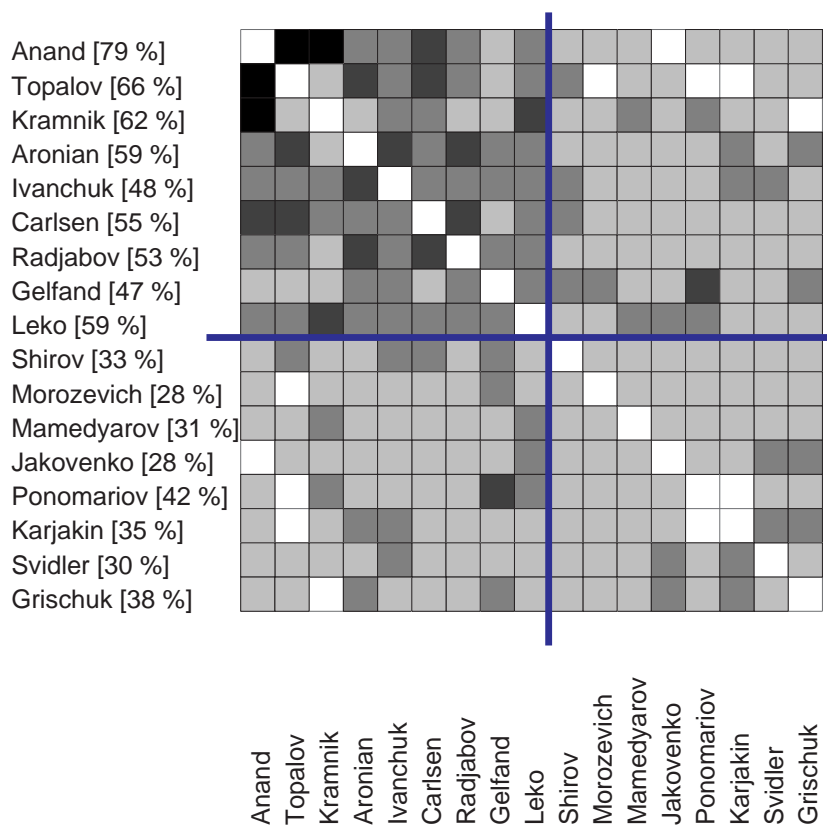


Supervelemejstri so na sliki 7.16 razdeljeni v štiri skupine. Kramnik je v opazovanem obdobju igral le proti nasprotnikom z jakostjo 2600 točk ELO ali več. Njegova edina povezava ni popolnoma črne barve, kar pomeni, da je veliko partij odigral proti nasprotnikom iz skupine supervelemejstrov (te povezave so izbrisane). V drugi skupini najdemo šahiste, ki so igrali tudi proti igralcem z jakostjo 2400 točk ELO in več. To so Carlsen, Anand, Ponomariov, Radjabov in Leko. Največ supervelemejstrov se nahaja v skupini, ki je igrala tudi proti nasprotnikom z jakostjo 2200 točk ELO in več. Le Mamedyarov in Shirov sta odigrala nekaj partij s slabšimi nasprotniki. Ampak tudi ti so imeli

2000 ali več jakostnih točk ELO. Prav noben supervelemojster ni igral z nasprotniki, ki bi imeli manj kot 2000 jakostnih točk ELO, kar predstavlja skoraj srednjo vrednost vseh izmerjenih jakosti ELO (Breznik in Batagelj, 2011a).

Supervelemojstri so predstavljeni v matriki na sliki 7.17, kjer ima vsak od njih svojo vrstico in stolpec. Celica, kjer se srečata vrstica in stolpec dveh igralcev, je potemnjena glede na to, koliko iger sta odigrala med sabo. Več kot je teh, temnejša je celica. Pri tem smo število odigranih partij normalizirali, saj smo ga delili s koreninom produkta števila odigranih partij obeh igralcev. S tem smo število odigranih partij na nek način relativizirali in se posvetili deležu odigranih partij med igralci. Ne glede na normalizacijo so povezave še vedno neusmerjene in matrika je posledično simetrična prek glavne diagonale. Kvadratki bele barve pomenijo, da igralca v opazovanem obdobju med sabo nista odigrala nobene partije. Anand ima najtemnejše kvadratke, kar pomeni, da je velik delež vseh odigranih partij igral proti supervelemojstrom, še posebej proti Topalovu in Kramniku.

Slika 7.17: Matrični prikaz odigranih partij med supervelemojstri



Posebno pozornost smo namenili vrstnemu redu vrstic (posledično tudi stolpcev) v matriki. Uporabili smo Wardovo metodo hierarhičnega razvrščanja v skupine s popravljenimi evklidsko razdaljo. Matrika je razpadla v dve skupini, ki ju na sliki 7.17 ločujeta vodoravna in navpična črta. Vsak igralec ima v oklepaju zapisan delež odigranih partij proti ostalim superveletojemstvom glede na število vseh odigranih partij v opazovanem obdobju. Kot primer lahko ponovno navedemo Ananda, ki je kar 79 % vseh partij odigral proti ostalim 16-imi igralcem iz te skupine. Le vsaka peta njegova partija je bila odigrana proti drugim nasprotnikom (ki jih je krepko več kot 100000). Pri vseh igralcih iz zgornje skupine predstavlja delež partij z velemojstri več kot 45 % vseh partij (v spodnji skupini je ta delež nižji). Z omrežjem superveletojestrov smo ponovno potrdili prvo hipotezo.

## 7.2 Dvovrstna omrežja

V literaturi lahko najdemo znane primere analize dvovrstnih omrežij, kot so članstvo v odborih družb, udeležba na dogodkih, članstva v društvih, sodelovanje v spletnih skupinah, avtorstvo člankov in podobno (Borgatti in Halgin, 2011). Do sedaj ni bilo nobenih poskusov tovrstne analize v športu in pri športnih dogodkih, čeprav obstaja mnogo zanimivih dvovrstnih omrežij tudi v tem delu socialnega življenja.

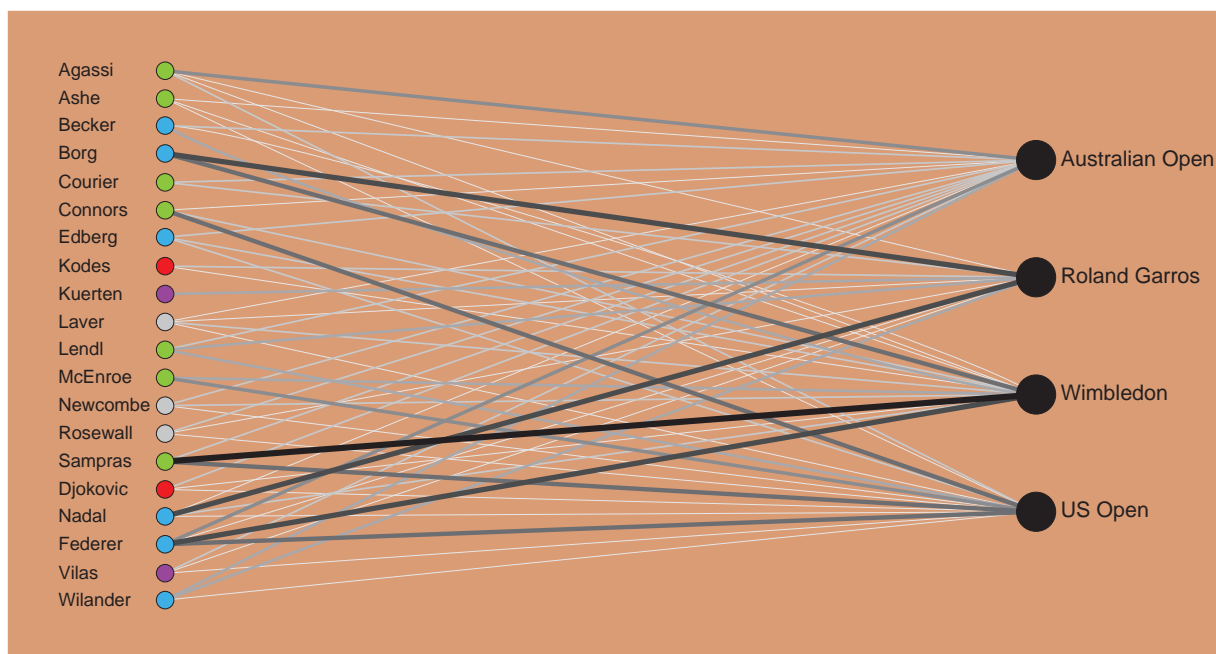
### 7.2.1 Omrežji najboljših teniških igralcev po Grand Slamih in podlagah

V razdelku 4.1.1 smo definirali najboljše igralce v moderni dobi tenisa s pomočjo števila zmag na štirih največjih teniških turnirjih na svetu, t. i. turnirjih Grand Slam. V pričetku tega razdelka bomo predstavili dvovrstno omrežje dvajsetih najboljših moških igralcev v moderni dobi tenisa in vseh štirih turnirjev Grand Slam. Neusmerjena povezava med teniškim igralcem in določenim turnirjem Grand Slam v tem omrežju obstaja, če je igralec vsaj enkrat osvojil ta turnir. Povezave nato utežimo s številom osvojenih Grand Slamov posameznega igralca.

Na sliki 7.18 je dvovrstno omrežje prikazano z *dvodelnim grafom* (ang. bipartite graph).

Točke določajo enote v omrežju (najboljše moške teniške igralce in turnirje Grand Slam), debelina povezav je odvisna od števila zmag igralca na določenem turnirju Grand Slam. Debelejše in temnejše povezave pomenijo več zmag v primerjavi s tanjšimi in svetlejšimi povezavami. Med pomembnejšimi lastnostmi prikaza z enostavnim dvodelnim grafom navedimo, da se ne izgubijo prav nobeni podatki (Borgatti in Everett, 1997). V našem primeru lahko iz dvodelnega grafa razberemo, kateri igralec je zmagal določen turnir Grand Slam (in tudi kolikokrat). Točke, ki predstavljajo igralce, so pobarvane glede na svetovno teniško regijo, iz katere ti prihajajo. Najmočnejše so povezave Samprasa (7) in Federerja (6) z Wimbledonom ter Borga (6) in Nadala (6) z Roland Garrosom. Opazimo, da so do konca leta 2011 obstajali le štirje igralci, Agassi, Laver, Nadal in Federer, s kariernim Grand Slamom (z zmagami na vseh štirih turnirjih Grand Slam v karieri). Zanimivo je tudi, da je le Kuerten osvajal le isti turnir – v Roland Garrosu je zmagal trikrat. Vsi ostali so zmagovali na vsaj dveh različnih turnirjih Grand Slam.

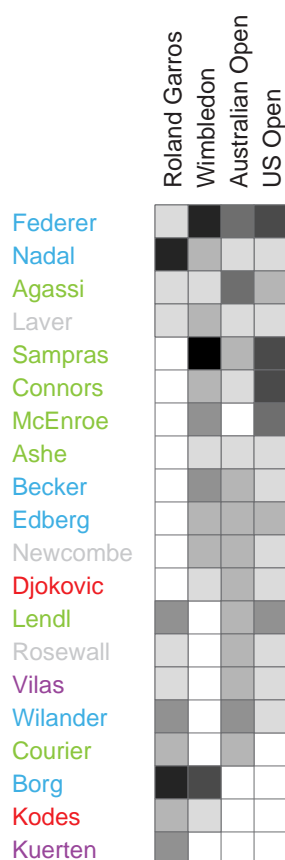
Slika 7.18: Enostavni dvodelni graf najboljših teniških igralcev moderne dobe tenisa in turnirjev Grand Slam



Kljub vsemu ima prikaz z enostavnim dvodelnim grafom tudi nekaj slabosti. Ena izmed njih je, da lahko podatke s slike razberemo le na osnovi povezav med obema

deloma grafa. Zaradi velikega števila povezav je graf na sliki 7.18 (pre)gost. Z uporabo bločnega modeliranja na dvovrstnem omrežju (Doreian in drugi, 2004) smo dobili rešitev, ki vsebuje 4 skupine igralcev in 4 turnirje. Le-ta se od idealne razporeditve na osnovi strukturne ekvivalence (Doreian in drugi, 2005), ki vsebuje le polne in prazne bloke, razlikuje le v treh neskladnostih (slika 7.19).

Slika 7.19: Matrični prikaz najboljših teniških igralcev moderne dobe tenisa in turnirjev Grand Slam



Na sliki 7.19 prvo skupino igralcev tvorijo Agassi, Laver, Nadal in Federer. To so edini igralci s kariernim Grand Slamom. V drugi in tretji skupini so igralci, ki so uspeli osvojiti vse turnirje Grand Slam razen Roland Garrosa (Sampras, Connors, McEnroe, Ashe, Becker, Edberg, Newcombe, Djoković) oziroma Wimbledon (Lendl, Rosewall, Vilas, Wilander, Courier). Pri tem McEnroe in Courier predstavljata dve od treh neskladnosti glede na idealno razporeditev. V zadnji skupini so Borg, Kodes in Kuerten, ki niso zmagali le na Odprtem prvenstvu Avstralije (Australian Open) in Odprtem pr-



venstvu Združenih držav Amerike (US Open), pri čemer Kuerten predstavlja še zadnjo neskladnost z idealno razporeditvijo.

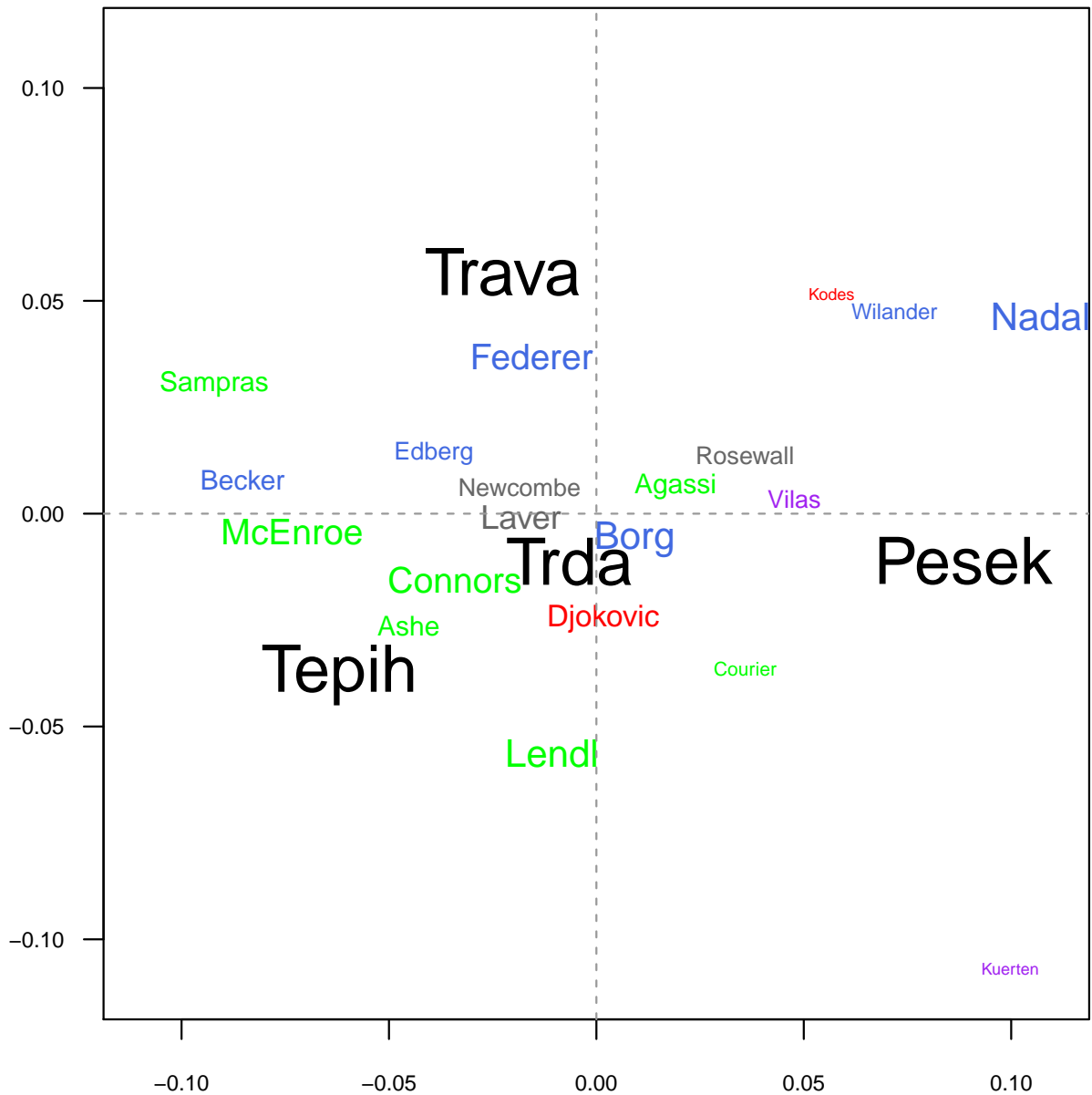
Tretji način prikaza, ki uporablja tudi pozicijsko umestitev točk, se imenuje *korespondenčna analiza*. Carrington in drugi (2005) trdijo, da je ta metoda primerna za grafični prikaz dvovrstnih omrežij, čeprav v zadnjem času De Stefano in drugi (2012) priporočajo uporabo multiple korespondenčne analize. Vrsta teniške podlage spada med lastnosti, ki najbolj vplivajo na potek dvobojev med elitnimi teniški igralci (Fernandez in drugi, 2006; O'Donoghue in Ingram, 2001). Prikazati želimo, kako so bili najboljši igralci v moderni dobi uspešni na različnih teniških podlagah. Za vsakega izmed njih smo izračunali odstotek zmag na posamezni podlagi in tako dobili dvovrstno omrežje najboljših igralcev in vrste podlag. Dvovrstno omrežje je s pomočjo korespondenčne analize prikazano na sliki 7.20. S prvima dimenzijama skupaj je pojasnjene 85,8 % skupne inercije (variance). Prva dimenzija (vodoravna) pojasnjuje 60,9 % variance, druga dimenzija (navpična) 24,9 % variance. Pomembne lastnosti slike 7.20 so:

- igralci so blizu skupaj, če so bili uspešni na isti vrsti podlage;
- vrste podlage so postavljene blizu skupaj, če so bili na njih uspešni isti igralci;
- igralci so blizu vrste podlage, če so bili na njej uspešni.

Na sliki 7.20 so uporabljene tudi druge lastnosti igralcev. Njihova imena so pobarvana glede na svetovno teniško regijo, iz katere prihajajo (Geyer, 2010). Velikost oznake vsakega igralca je premo sorazmerna z deležem zmag, ki jih je dosegel v karieri (do konca leta 2011).

S slike 7.20 lahko razberemo nekaj zanimivih dejstev. Prva dimenzija ločuje med specialisti za igro na peščeni teniški podlagi in ostalimi igralci. Na desni strani slike namreč najdemo igralce, kot so Nadal, Kuerten, Wilander, Kodes in Vilas, ki so bili (Nadal je še vedno dejaven) večinoma najuspešnejši prav na pesku. Nadal in Kuerten sta torej kot specialista za igro na pesku postavljena najbolj desno. Po drugi strani je Sampras, ki ni bil nikoli uspešen na tovrstni podlagi – manjka mu le naslov Grand Slam v Roland Garrosu, postavljen najbolj na levo stran slike 7.20. Pri multipli korespondenčni analizi je dopustno primerjanje medsebojnega položaja točk, ki se nanašajo na različne spremenljivke (Greenacre in Hastie, 1987). Medsebojna razdalja med točkami

Slika 7.20: Prikaz dvovrstnega omrežja najboljših igralcev moderne dobe tenisa po odstotkih zmag na različnih vrstah teniške podlage



različnih spremenljivk prav tako kot pri korespondenčni analizi tudi pri multipli korespondenčni analizi ni definirana (Greenacre, 2007), zato si pri interpretaciji lahko pomagamo s smerjo med izhodiščem in opazovanima točkama. Federer je najbližje svoji najljubši, travnati podlagi (tudi Sampras in Edberg sta blizu). Poleg tega leži Federer na poti med izhodiščem in travnato podlago. V nasprotni smeri izhodišča in travnate podlage se nahaja Brazilec Kuerten, ki ima najslabši odstotek zmaganih dvobojev na tej podlagi. Borg, Agassi, Rosewall in Vilas so po smeri zelo blizu peščenim podlagi,

Lendl in Djoković pa trdi podlagi. Samprasa, Beckerja, Edburga in Newcomba lahko obravnavamo kot neprepričljive igralce na peščeni podlagi, saj se na sliki 7.20 glede na to podlago nahajajo v skoraj diametralno nasprotnem položaju preko izhodišča. Večina igralcev iz Združenih držav Amerike je postavljena v bližino trde podlage, kar ni presenečenje, saj je trda betonska podlaga praviloma prva, s katero so se srečali.

Nadal ima največjo oznako, kar nakazuje najvišji delež zmag v karieri med vsemi igralci. Poleg njega so le še Borg, Lendl, McEnroe, Federer in Connors zmagali več kot 80 % svojih dvobojev.

## 7.2.2 Omrežje držav in klubov na svetovnih nogometnih prvenstvih

Ta razdelek je nadaljevanje razdelka 7.1.5, v katerem smo analizirali mobilnost nogometnih reprezentantov, ki so nastopali na svetovnih nogometnih prvenstvih od leta 1982 naprej. Podatki o reprezentantih vsebujejo tudi ime kluba, za katerega so le-ti v času prvenstva nastopali, in tako lahko ustvarimo dvovrstno omrežje držav in klubov. Natančneje, prva množica dvovrstnega omrežja je sestavljena iz držav, katerih reprezentance so nastopile na vsaj enem svetovnem nogometnem prvenstvu od leta 1982 naprej in so v svoji reprezentanci imele vsaj enega igralca, ki je bil v času prvenstva zaposlen v klubu v tujini; v drugi množici najdemo vse klube, v katerih so bili reprezentanti zaposleni v času svetovnih nogometnih prvenstev. Usmerjena povezava vodi od države *A* iz prve množice do kluba *B* iz druge množice, a le v primeru, ko je bil reprezentant iz države *A* v času svetovnega nogometnega prvenstva zaposlen v klubu *B* in klub *B* ni iz države *A*. Opisano dvovrstno omrežje vsebuje 70 držav in 536 klubov ter 2066 usmerjenih povezav, ki vodijo od držav h klubom.

Omrežje smo utežili, in sicer smo združili večkratne usmerjene povezave med istima točkama v eno usmerjeno povezavo, kjer utež predstavlja število večkratnih povezav oziroma število igralcev reprezentance iz prve množice, ki so v času svetovnih prvenstev igrali v klubu iz druge množice. Z največ igralci, ki so igrali v tujih reprezentancah na svetovnih nogometnih prvenstvih, se med klubi lahko pohvali italijanski Inter iz Milana. 40 igralcev, ki so nastopali na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih in niso iz Italije, je bilo članov tega kluba. Sledijo angleški klubi Arsenal (38 igralcev), Chelsea

(34) in Liverpool (32). Enako število tujih reprezentantov kot v Liverpoolu je nastopalo za drugi vrhunski milanski nogometni klub, tj. AC Milan. V klubu Manchester United je igralo 31 tujih reprezentantov, v Barceloni 28 in v Realu 25. Nato sledita dva nemška kluba, Bayer iz Leverkusna (24) in Bayern iz Münchna (23).

Najvišja vrednost uteži na povezavah med državami in klubi v dvovrstnem omrežju znaša 10 in povezuje Francijo z angleškim klubom Arsenal. Osem igralcev iz Francije je nastopalo tudi za italijanski klub Juventus iz Torina. Prav tako je osem igralcev iz Brazilije nastopalo za italijansko Romo ter osem Argentinec za italijanski Milan. Ostale uteži na usmerjenih povezavah v uteženem omrežju so manjše od osem.

Najpomembnejše točke v omrežju smo poiskali s pomočjo posplošene metode kazal in virov za dvovrstna omrežja (Zaveršnik in drugi, 2001). V tabeli 7.10 so podane najpomembnejše države izvoznice nogometnih reprezentantov, ki so vsaj enkrat igrali na svetovnem nogometnem prvenstvu, v tuje klube in najpomembnejši klubi uvozniki teh tujih reprezentantov.

Med državami najdemo le predstavnice evropske in južnoameriške konfederacije. Za prepričljivo najpomembnejši izvoznici svojih reprezentantov v tuje klube sta se izkazali Brazilija in Argentina. V razdelku 7.1.5 smo ugotovili, da sta to predvsem močni izvoznici nogometnih napadalcev. Sledi jima pet evropskih držav, to so Francija, Nizozemska, Portugalska, Danska in Hrvaška. Zadnji dve ne premoreta močne domače nogometne lige, a očitno tudi nogometne lige v Franciji, na Nizozemskem in na Portugalskem niso dovolj zanimive oziroma bogate, da bi zadržale najboljše domače igralce. Na osmem mestu najdemo tretjo najuspešnejšo državo iz Južne Amerike, tj. Urugvaj. Sledi mu Republika Irska, zaradi izvoza svojih reprezentantov v precej močnejšo in bogatejšo angleško ligo Premier. Tudi Švedska se podobno kot Danska in Hrvaška ne more pohvaliti s kakovostno nogometno ligo.

Na vrhu lestvice klubov največjih uvoznikov tujih reprezentantov, ki so nastopali na vsaj enem od zadnjih osmih svetovnih prvenstev, najdemo italijanski Inter, na drugem mestu je španska Barcelona. Prvih pet mest zasedajo le klubi iz Italije (poleg Interja še Roma in AC Milan) in Španije (poleg Barcelone še Real iz Madrida). V deseterici največjih uvoznikov nogometnih reprezentantov najdemo tri angleške klube (londonska

Tabela 7.10: Najpomembnejše države izvoznice reprezentantov v tuje klube in najpomembnejši klubi uvozniki tujih reprezentantov

Mesto	Izvozniki		Uvozniki	
	Država	Utež	Klub	Utež
1	Brazilija	0,531096	Inter (ITA)	0,361437
2	Argentina	0,488646	Barcelona (ESP)	0,302254
3	Francija	0,372019	Roma (ITA)	0,295340
4	Nizozemska	0,298973	Real Madrid (ESP)	0,273531
5	Portugalska	0,169484	AC Milan (ITA)	0,252596
6	Danska	0,163268	Arsenal (ENG)	0,247878
7	Hrvaška	0,139765	Chelsea (ENG)	0,200086
8	Urugvaj	0,134640	Juventus (ITA)	0,188468
9	Republika Irska	0,128078	Manchester United (ENG)	0,183596
10	Švedska	0,125603	Bayern (FRG/DEU)	0,180986

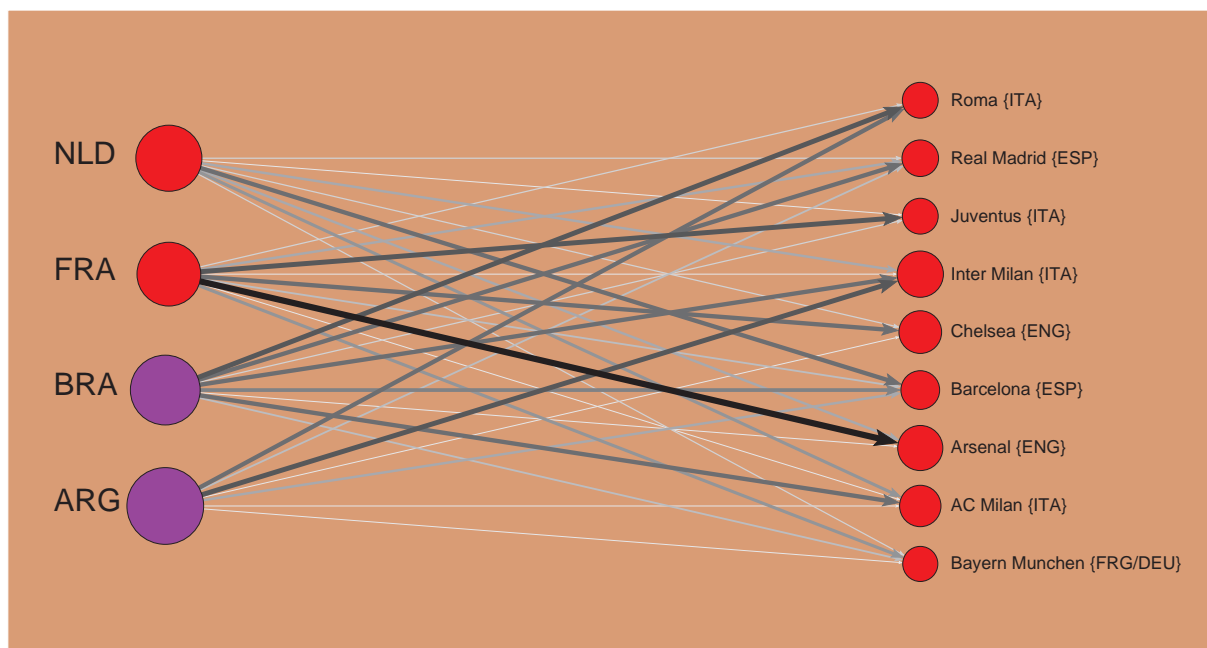
kluba Arsenal in Chelsea ter Manchester United), še enega italijanskega velikana (Juventus) in nemški Bayern. Vseh deset klubov prihaja iz Evrope. O prevladi teh desetih med evropskimi klubi od leta 1982 naprej pričajo naslednji podatki:

- omenjenih deset klubov je osvojilo 17 naslovov (od zadnjih 30) v ligi prvakov;
- največ naslovov lige prvakov (od leta 1982 naprej) je osvojil Milan (5), sledita Barcelona (4) in Real Madrid (3);
- med vsemi desetimi klubi le Arsenal in Roma po letu 1982 nista osvojila lige prvakov, a sta oba igrala v finalu;
- od leta 1982 naprej le v treh finalih lige prvakov ni bilo nobenega izmed desetih omenjenih klubov.

Natančnejši vpogled, v katere klube posamezne države pretežno izvažajo svoje nogometne reprezentante, lahko dobimo s pregledom gostejšega dela dvovrstnega omrežja, ki smo ga poiskali z metodo iskanja posplošenih sredic v dvovrstnih omrežjih

(podpoglavje 3.3). Na sliki 7.21 je prikazan dvodelni graf posplošene (20,10)-sredice. Ta sredica je maksimalna sredica z lastnostjo, da vsebuje vse države, ki so imele na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih v svojih reprezentancah vsaj 20 igralcev iz klubov iz te sredice, in podobno posplošena (20,10)-sredica vsebuje tudi vse klube z lastnostjo, da je na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih vsaj 10 njihovih nogometašev igralo v reprezentancah iz te sredice. Reprezentance in klubi so pobarvani glede na konfederacijo, iz katere prihajajo. Velikost posamezne točke, ki predstavlja državo, je premo sorazmerna s številom nogometašev iz te države, ki so igrali na prvenstvih in so bili v času prvenstva člani kluba v tujini. Ker so posamezne reprezentance nastopale na več prvenstvih kot druge, smo število teh nogometašev delili s številom nastopov posamezne države na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih. Velikost točk, ki predstavljajo klube, je premo sorazmerna s številom nogometašev iz tujine, ki so nastopali na svetovnih nogometnih prvenstvih in so bili v času prvenstva člani teh klubov. Pri klubih smo to število delili z osem.

Slika 7.21: Prikaz (20,10)-sredice dvovrstnega omrežja držav in klubov



Na sliki 7.21 so štiri države, Nizozemska in Francija iz evropske konfederacije ter južnoameriški državi Argentina in Brazilija. Največja točka predstavlja Argentino, ki je na zadnjih osmih svetovnih prvenstvih iz reprezentance izvozila v tuje klube v povprečju

13,75 igralca. Sledi Brazilija z 11,375 reprezentanta iz tujine na posamezno svetovno prvenstvo, nekoliko manj sta jih v povprečju izvozili Nizozemska (10,2) in Francija (9,5). Vseh devet klubov, ki ustrezajo pogojem posplošene (20,10)-sredice dvovrstnega omrežja držav in klubov, prihaja iz Evrope in spada med deset najpomembnejših klubov uvoznikov tujih reprezentantov (tabela 7.10). Štirje klubi so italijanski, AC Milan, Inter, Juventus in Roma, po dva kluba prihajata iz Anglije in Španije (Arsenal in Chelsea iz Anglije ter Barcelona in Real Madrid iz Španije), Bayern München je predstavnik Nemčije (prej Zahodne Nemčije). Inter je med klubi predstavljen z največjo točko, saj je v povprečju na vsako prvenstvo v tujih reprezentancah igralo pet njegovih nogometašev. Sledijo Arsenal (4,75), Chelsea (4,25) in Milan (4,00). V povprečju je med klubi (slika 7.21) v tujih reprezentancah igralo najmanj nogometašev Bayern (2,875). Posplošena (20,10)-sredica predstavlja zelo gosto omrežje, kljub vsemu lahko iz njega izluščimo nekaj zanimivih lastnosti. Vidna je najmočnejša usmerjena povezava v celotnem dvovrstnem omrežju držav in klubov, ki povezuje Francijo in Arsenal. Francozi so veliko izvažali tudi v italijanski Juventus. Za nizozemske reprezentante je že od slavnega Johan Cruyffa naprej zelo popularen delodajalec španska Barcelona. Verjetno so imeli veliko vpliva na tako izbiro številni nizozemski trenerji, ki so vodili ta svetovno znani nogometni klub – Rinus Michels in Louis van Gaal po dvakrat ter Johan Cruyff in Frank Rijkaard (FC Barcelona, 2012). Brazilci in Argentinci praviloma izbirajo italijanske klube. Argentinci so najraje izbirali Romo in Inter, Brazilci poleg italijanskih klubov pogosto igrajo tudi za Barcelono.

## 8 Zaključek

Zaključno poglavje disertacije je sestavljeno iz treh delov. Kratkemu pregledu in ovrednotenju rezultatov raziskave sledita znanstveni doprinos disertacije in nekaj idej za nadaljnje delo.

### **Kratek pregled in ovrednotenje rezultatov**

Velika popularnost športa in njegovih predstavnikov, profesionalnih športnikov, je v današnjem času neizpodbitno dejstvo. Šport je prisoten na mnogih področjih, od šolstva do politike in ekonomije, kjer zaseda vidno mesto. V disertaciji smo proučevali omrežja iger med športnimi akterji, tj. posamezniki oziroma ekipami. Odigrane igre med športnimi akterji niso enakomerno porazdeljene, vzroki česar so lahko različni. Raziskovali smo vpliv nekaterih dejavnikov, kot sta geografska bližina obeh nasprotnikov in njuna kakovost, na število odigranih iger. Omejili smo se na dve športni panogi posameznikov, tenis in namizni tenis, in jima dodali še šah, ki sicer po strogi definiciji ne spada med športne panoge, a ima mnoge podobne lastnosti kot le-te. Med ekipnimi športi smo proučevali nogomet, košarko in rokomet.

V uvodnem delu smo na kratko predstavili zgodovino obravnavanih športov in šaha, naredili smo pregled trenutnega stanja na tem področju v povezavi s teorijo omrežij. Sledila sta opis zbiranja podatkov in njihov pregled. Podatke smo s spletnih strani uradnih svetovnih športnih organizacij zbirali sami in pri tem naleteli na mnogo metodoloških težav. Pri odpravljanju nekaterih od teh smo uporabili nekaj izvirnih rešitev, ki smo jih izvedli v programskem jeziku R (R Core Team, 2012). Tako smo skrajšali sicer zelo dolgotrajno zbiranje podatkov. Programski jezik R je bil v veliki meri uporabljen za osnovno analizo podatkov v prvem delu disertacije in za pripravo omrežij v nada-



ljevanju.

V drugem delu smo pričeli z analizo omrežij iger. Športniki oziroma reprezentance v teh omrežjih nastopajo kot točke, vezi med njimi so pogojene z igrami, ki so jih akterji odigrali med sabo. Praviloma smo se v tem delu ukvarjali z dvema vrstama omrežij. Prvo tvorijo neutežena omrežja iger, kjer je vsaka igra med nasprotnikoma ponazorjena z neusmerjeno povezavo. Ko smo večkratne povezave med dvema točkama združili v eno povezavo in jo utežili s številom prvotnih povezav med tema točkama, smo dobili utežena neusmerjena omrežja. Z analizo dobljenih omrežij smo preverjali temeljni hipotezi. Cilje, zastavljene v uvodnem delu, smo zasledovali s pomočjo različnih metod in statističnih pristopov, še posebej pogosto smo uporabljali napredne pristope za vizualizacijo omrežij. Pri analizi omrežij smo v največji meri uporabljali računalniški program Pajek (Batagelj in Mrvar, 1996–2013). Za prikaze omrežij smo uporabljali tudi druge programe, kot sta na primer VOSviewer (Van Eck in Waltman, 2011) in Pajek To SVG Anim (Brvar, 2007). Vsi uporabljeni programi so prosto dostopni na spletu. Rezultati analize omrežij iger potrjujejo hipotezo o pogostejših igrah med kakovostno primerljivejšimi nasprotniki, kar še posebej velja za akterje, ki se na jakostnih lestvicah nahajajo zelo visoko. Prav tako smo potrdili hipotezo o obratno sorazmerni povezavi med geografsko oddaljenostjo posameznih športnikov ali ekip in njihovo jakostjo oziroma kakovostjo. Obe hipotezi smo potrdili na obeh ravneh, v konkurenci posameznikov in v konkurenci reprezentanc.

V nadaljevanju disertacije smo kritično ocenili poznane metode ocenjevanja jakosti športnih akterjev v analiziranih športih, jih nato dopolnili ali celo nadgradili z lastnimi izboljšavami. Pri tem smo med drugimi uporabljali dva načina ocenjevanja jakosti akterjev v omrežjih: algoritem PageRank ter metodo kazal in virov. Med pregledanimi metodami se je za najrazvitejšo izkazal šahovski sistem ELO. Pokazali smo, da bi ob upoštevanju barve figur obeh igralcev lahko dosegli še boljše ocene. Pri tenisu podlaga, na kateri je dvoboj odigran, pomembno vpliva na sam potek dvoboja, vendar do sedaj pri ocenjevanju jakosti teniških igralcev in igralk tega niso upoštevali. Pri ocenjevanju jakosti športnih akterjev v omrežjih je treba v največji možni meri upoštevati posebnosti posamezne športne panoge (in šaha), s čimer smo pritrtilno odgovorili na zastavljeno raziskovalno vprašanje.

Športni podatki so statistično zelo bogati, saj pogosto vsebujejo veliko podrobnih informacij o samih športnih akterjih in odigranih dvobojih. Te informacije smo uporabljali v zelo pomembnem poglavju o drugih športnih omrežjih, kjer smo se v veliki meri osredotočili na najpopularnejši športni panogi, med športi posameznikov je to tenis in pri ekipnih športih nogomet.

V konkurenci obeh spolov smo pri tenisu raziskovali, kateri dejavniki vplivajo na pogostost predanih dvobojev in na prednost levičarjev v primerjavi z desničarji. Izkazalo se je, da na delež predanih dvobojev v obeh konkurencah najbolj vpliva podlaga, na kateri se igrajo teniški dvoboji. Pri moških smo pokazali še vpliv vrste turnirjev in jakosti obeh nasprotnikov, kar pri ženskah ni bilo potrjeno. S pomočjo metode S-sredic smo iz omrežja izluščili teniške igralce in igralko, ki najpogosteje predajajo dvoboje. V nadaljevanju se je izkazalo, da je prednost levičarjev pri tenisu večja pri moških kot pri ženskah. Na to prednost v obeh konkurencah vplivata podlaga in vrsta turnirja. Med vsemi igralci in igralkami moderne dobe tenisa smo s pomočjo algoritma Page-Rank poiskali najboljše levičarje (ločeno proti levičarjem in proti desničarjem) ter na enak način najboljše desničarje. Za najboljše moške igralce smo pripravili še dinamično predstavitev omrežja odigranih dvobojev med letoma 1968 in 2011 ter s pomočjo korendenčne analize dvovrstnega omrežja najboljših igralcev in podlag prikazali, kako so bili ti uspešni na različnih vrstah teniške podlage.

Pri nogometu med večje prednosti sodi prednost domačega igrišča, ki smo jo kot prvi raziskovali s pomočjo analize omrežij. Pri tem smo uporabljali metode razvrščanja v skupine in bločnega modeliranja. Dobljene skupine skoraj sovpadajo s konfederacijami, na katere so razdeljene državne reprezentance v nogometu. Mobilnost nogometnih reprezentantov in trenerjev držav, ki so nastopale na svetovnih nogometnih prvenstvih med letoma 1982 in 2010, smo analizirali z dveh vidikov. Najprej kot mobilnost med državami in nato še, s pomočjo analize dvovrstnih omrežij, kot mobilnost med državami in klubi. Pri tem smo igralce razdelili glede na njihov najpogostejši položaj na igrišču v štiri skupine: vratarje, obrambne igralce, vezne igralce in napadalce. S pomočjo metode kazal in virov smo v vsaki skupini določili največje izvoznike in uvoznike nogometišev (in trenerjev).

Relacije v drugih športnih omrežjih so kompleksnejše in rezultati so temu primerno zanimivi. Nekateri med njimi, na primer iskanje gostejših delov omrežij predanih dvobojev v tenisu, so neposredno uporabni v praksi. Omenjeno metodo se lahko uporablja za iskanje igralcev oziroma igralk, ki med sabo pogosto predajajo dvoboje.

## Znanstveni doprinos

Disertacija vsebuje razkritje struktur omrežij nekaterih športnih iger in šaha. Po našem védenju gre za prvo primerjalno analizo več športov hkrati s pomočjo metod in pristopov iz analize omrežij. Pokazali smo, da predstavlja analiza omrežij primerno in učinkovito orodje za analizo športnih podatkov.

Poleg že ustaljenih metod smo uporabljali svoje metodološke rešitve. Vpeljali smo *SOI* za pregled pogostosti igranja dvobojev proti istim nasprotnikom, nadgradili smo nekatere metode za računanje jakosti športnih akterjev, v poglavju o drugih športnih omrežjih smo podali nekaj primerov izvirne uporabe analize omrežij, ki so lahko zgled za podobne analize na športnem področju tudi v prihodnje. Pri tem imamo v mislih metode za iskanje skupin teniških igralcev, ki najpogosteje predajajo dvoboje, računanje jakosti igralcev v posameznih podskupinah (na primer levičarji pri tenisu v igrah proti levičarjem in proti desničarjem) ter uporabo metod iz analize omrežij za prikaz prednosti domačega igrišča pri nogometu.

Svoje delo smo redno predstavljali na konferencah (Breznik in Batagelj, 2012a, 2011a,b, 2010a,c,b) in objavljali v znanstvenih revijah. Rezultati v povezavi z omrežjem šahistov so bili predstavljeni v Breznik in Batagelj (2011a), kjer smo tudi vpeljali indeks enakih nasprotnikov (*SOI*). V Breznik in Batagelj (2012b) smo objavili raziskavo o predanih dvobojih v moderni dobi moškega tenisa. Razlikam v prednosti levičarjev nad desničarji med moškimi in ženskami pri tenisu smo se posvetili v Breznik (2013). V disertaciji smo veliko vlogo namenili vizualizaciji, kar smo povzeli v Breznik in Batagelj (2013b). Nogometna omrežja smo analizirali v Breznik in Batagelj (2013a).

## Nadaljnje raziskave

Ogromne baze športnih podatkov ponujajo veliko priložnosti za nadaljnje raziskave na tem področju. Naravna je ideja o analizi časovne dinamike posameznih športov in šaha, sploh na področju ekipnih športov, obravnavanih v disertaciji, saj zbrani podatki že obsegajo daljše časovno obdobje.

Ekipne športe bi lahko v prihodnosti analizirali tudi v ženski konkurenci in dobljena omrežja primerjali z moškimi. Poleg tega menimo, da opravljeno delo prav tako predstavlja dober temelj za raziskave v ekipnih športih, ki v disertaciji niso bili obravnavani.

V povezavi s športi posameznikov in šahom lahko omenimo naslednje ideje, ki so se nam pojavile med pisanjem disertacije, a so iz različnih vzrokov ostale nerealizirane. Šah se od ostalih analiziranih panog v disertaciji razlikuje v tem, da lahko ženske igrajo neposredno proti moškim nasprotnikom. Tako lahko izpostavimo iskanje vzrokov za obstoječe razlike v rezultatih med obema spoloma v tej miselni igri, saj kljub navideznemu pomanjkanju fizične aktivnosti med igro moški dosegajo neprimerljivo boljše rezultate od žensk.

Pri tenisu in namiznem tenisu se zdi mogoča razširitev analize, tako predanih dvobojev kot tudi prednosti levičarjev nad desničarji, na analizo sodelovanja med igralci v konkurenci parov, moških parov, ženskih parov in celo mešanih dvojic.

Zavedamo se, da bo v prihodnosti na športnem področju dosegljivih še več podatkov, ki bodo možnosti raziskav dodatno razširili. Med zanimivejše in aktualnejše za analizo omrežij uvrščamo ideje, povezane z denarnimi transferji posameznih športnikov med klubi. Mnogo športnikov se po aktivni karieri posveti trenerskemu delu. V povezavi s tem bi lahko spremljali omrežje, definirano z relacijo *je trener*. Pričakovano omrežje s tako definirano relacijo bi naj bilo predvidoma aciklično.



# Literatura

- Agassi, Andre. 2009. *Open: An Autobiography*. London: HarperCollinsPublishers.
- Ahmed, Adel, Xiaoyan Fu, Seok-Hee Hong, QuanHoang Nguyen in Kai Xu. 2010. Visual Analysis of History of World Cup: A Dynamic Network with Dynamic Hierarchy and Geographic Clustering. V *Visual information communication*, ured. Mao Lin Huang, Quang Vinh Nguyen in Kang Zhang, 25–39. Springer US. Dostopno prek: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0312-9\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0312-9_2) (21. junij 2012).
- Amir, Eli in Gilad Livne. 2005. Accounting, Valuation and Duration of Football Player Contracts. *Journal of Business and Finance and Accounting* 32 (3–4): 549–586.
- ATP. 2012. Rankings faq. Dostopno prek: <http://www.atpworldtour.com/Rankings/Rankings-FAQ.aspx> (2. avgust 2012).
- Bale, John. 1978. Geographical diffusion and the addaptation of professionalism in football in England and Wales. *Geography* 63 (3): 188–197.
- . 1981. Geography, sport and geographical education. *Geography* 66 (2): 104–115.
- . 2003. *Sports Geography*. London: E. F. N. Spon.
- Bale, John in David Gowing. 1976. Geography and football: the use of ideas from football in teaching of geography. *Teaching Geography* 28.
- Bastholt, Per. 2000. Professional tennis (ATP Tour) and number of medical treatments in relation to type surface. *Med Sci Tennis* 5 (2).
- Batagelj, Vladimir. 2009. Visualization of large networks. V *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, ured. R. A. Meyers, 1253–1268. Berlin: Springer.

- . 2011. Large-Scale Network Analysis. V *The SAGE Handbook of Social Network Analysis*, ured. John Scott in Peter J. Carrington, 550–557. London: Sage.
- Batagelj, Vladimir, Anuška Ferligoj in Patrick Doreian. 1992. Direct and indirect methods for structural equivalence. *Social Networks* 14: 63–90.
- Batagelj, Vladimir in Andrej Mrvar. 1996–2013. Pajek-Program for Large Network Analysis. Dostopno prek: <http://pajek.imfm.si/doku.php?id=download> (5. januar 2013).
- . 2004. Example: Football (soccer) players. Dostopno prek: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/doc/svg/footeng.htm> (8. januar 2012).
- Batagelj, Vladimir, Andrej Mrvar, Anuška Ferligoj in Patrick Doreian. 2004. Generalized Blockmodeling with Pajek. *Metodološki zvezki* 1 (2): 455–467.
- Batagelj, Vladimir in Matjaž Zaveršnik. 2011. Fast algorithms for determining (generalized) core groups in social networks. *Advances in Data Analysis and Classification* 5: 129–145.
- Baur, Dirk in Sibylle Lehmann. 2007. Does the Mobility of Football Players Influence the Success of the National Team? Dostopno prek: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.980936> (29. september 2012).
- Bender-deMoll, Skye in Daniel A. McFarland. 2006. The Art and Science of Dynamic Network Visualization. *Journal of Social Structure* 7 (1).
- Bennett, Jay. 1998. *Statistics in Sport*. London: Arnold Applications of Statistics Series.
- Berlekamp, Elwyn R., John H. Conway in Richard K. Guy. 1982. *Winning Ways for your Mathematical Plays*. London: Academic Press.
- Bertin, Jacques. 1967. *Semiologie Graphique*. Paris Gauthier-Villars: La Haye.
- Borgatti, Stephen P. in Martin G. Everett. 1997. Network analysis of 2-mode data. *Social Networks* 19: 243–269.

- Borgatti, Stephen P. in Daniel S. Halgin. 2011. Analyzing Affiliation Networks. V *The SAGE Handbook of Social Network Analysis*, ured. John Scott in Peter J. Carrington, 417–433. London: Sage.
- Bradley, Ralph A. in Milton E. Terry. 1952. The Rank Analysis of Incomplete Block Designs. I. The Method of Paired Comparisons. *Biometrika* 39: 324–345.
- Bray, Steven R. 1999. The home advantage from individual team perspective. *Journal of Applied Sport Psychology* 11: 116–125.
- Breznik, Kristijan. 2013. On the gender effects of handedness in professional tennis. *Journal of Sports Science and Medicine* 12 (2): 346–353.
- Breznik, Kristijan in Vladimir Batagelj. 2010a. Analysis of FIDE network of chess players. V *Sunbelt XXX: 30th annual conference of the International Network for Social Network Analysis (INSNA)*. Riva del Garda, Trento, Italija.
- . 2010b. On Fide network(s) of chess players. V *Applied Statistics 2010*. Ribno, Slovenija.
- . 2010c. Some networks generated by chess games. V *15th Young Statisticians Meeting*. Vorau, Avstrija.
- . 2011a. FIDE Chess Network. *Austrian Journal of Statistics* 40 (4): 225–239.
- . 2011b. Networks generated by FIFA soccer games played between countries. V *Sunbelt XXXI: 31st annual conference of the International Network for Social Network Analysis (INSNA)*. St. Pete Beach, Florida, ZDA.
- . 2012a. Network analysis of tennis games in the open era. V *Sunbelt XXXII: 32nd annual conference of the International Network for Social Network Analysis (INSNA)*. Redondo Beach, California, ZDA.
- . 2012b. Retired matches among male professional tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine* 11 (2): 270–278.
- . 2013a. Network and spatial analysis of games played at the country level in the soccer history. *European Journal of Sport Science*. Poslano.



- . 2013b. Visual analytics of social networks: a case in sport. *Information Visualization*. Poslano.
- Brin, Sergey in Larry Page. 1998. The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. Dostopno prek: <http://infolab.stanford.edu/~backrub/google.html> (29. september 2012).
- Brvar, Darko. 2007. Pajek to SVG Anim. Dostopno prek: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/SVGanim/> (3. julij 2012).
- Brvar, Darko, Andrej Mrvar in Vladimir Batagelj. 2006. Dinamični prikaz časovnih omrežij. *Uporabna informatika* 3: 147–153.
- Burt, Ronald S. in Michael J. Minor. 1983. *Applied Network Analysis*. Beverly Hills: Sage.
- Caillois, Roger. 1965. *Igre i ljudi*. Beograd: Nolit.
- Carmichael, Fiona, David Forrest in Robert Simmons. 1999. The labour market in association football: who gets transferred and for how much? *Bulletin of Economic Research* 51 (2): 125–150.
- Carrington, Peter J., John Scott in Stanley Wasserman. 2005. *Models and Methods in Social Network Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cartwright, Dorwin in Frank Harary. 1977. A Graph Theoretic Approach to the Investigation of System-Environment. *The Journal of Mathematical Sociology* 5: 87–111.
- Chabris, Christopher F. in Mark E. Glickman. 2006. Sex Differences in Intellectual Performance. *Psychological Science* 17 (12): 1040–1046.
- Chen, Chaomei. 1998. Generalised similarity analysis and pathfinder network scaling. *Interacting with Computers* 10: 107–128.
- Chen, Chaomei in Steven Morris. 2003. Visualizing evolving networks: Minimum Spanning Trees versus PathFinder Networks. V *Information Visualization, 2003. INFOVIS 2003. IEEE Symposium on*. Seattle, WA, USA.
- Churchill, Reginald C. 1958. *Sixty seasons of league football*. Penguin Books.

- Coakley, Jay in Elizabeth Pike. 2008. *Sports in Society: Issues and Controversies*. London: The McGraw-Hill Companies.
- Collinson, Lucy in Mike Hughes. 2003. Surface effect of elite female tennis players. *Journal of Sports Sciences* 21: 266–267.
- Cooke, Andrew. 1994. *The economics of leisure and sport*. London: Routledge.
- Cotta, Carlos, Antonio M. Mora, Cecilia Merelo-Molina in Juan J. Merelo. 2011. FIFA World Cup 2010: A Network Analysis of the Champion Team Play. *CoRR* abs/1108.0261. Dostopno prek: <http://arxiv.org/abs/1108.0261> (29. september 2012).
- Courneya, Kerry S. in Albert V. Carron. 1992. The home advantage in sport competitions: a literature review. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 14 (1): 13–27.
- Davis, Allison, Burleigh B. Gardner in Mary R. Gardner. 1941. *Deep South*. Chicago: University of Chicago Press.
- De Stefano, Domenico, Maria Rosaria D'Esposito in Giancarlo Ragozini. 2012. On the use of Multiple Correspondence Analysis to visually explore affiliation networks. V *Analysis and modeling of complex data in behavioural and social sciences*. Anacapri, Italija.
- Del Coral, Julio in Juan Prieto-Rodriguez. 2010. Are differences in ranks good predictors for grand slam tennis matches? *International Journal of Forecasting* 26 (3): 551–563.
- Doreian, Patrick, Vladimir Batagelj in Anuška Ferligoj. 2004. Generalized blockmodeling of two-mode network data. *Social Networks* 26 (1): 29–53.
- . 2005. *Generalized Blockmodeling*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Doupona Topič, Mojca in Krešimir Petrović. 2007. *Šport in družba, sociološki vidiki*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Inštitut za šport.
- Drinovec, Aleš. 2002. *Slovenski šah*. Ljubljana: Kmečki glas za Šahovsko zvezo Slovenije.

- Duch, Jordi, Joshua S. Waitzman in Luis A. Nunes Amaral. 2010. Quantifying the Performance of Individual Players in a Team Activity. *PLoS ONE* 5 (6): e10937. Dostopno prek: <http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0010937> (29. september 2012).
- Dumhoff, William G. 1967. *Who Rules America?* Englewood Cliffs: NJ: Prentice Hall.
- Elo, Arpad E. 1978. *The Rating of Chess Players, Past and Present*. London: B.T. Batsford, Ltd.
- FAS.Research. 2012. FAS.Soccer. Dostopno prek: <http://www.fas.at/sport-analysis> (7. september 2012).
- Faurie, Charlotte in Michel Raymond. 2005. Handedness, homicide and negative frequency-dependent selection. *Proceeding of the Royal Society of London B* 272: 25–28.
- FC Barcelona. 2012. List of Managers. Dostopno prek: <http://arxiu.fcbarcelona.cat/web/english/club/historia/entrenadors.html> (5. januar 2013).
- Ferligoj, Anuška. 1989. *Razvrščanje v skupine: teorija in uporaba v družboslovju*. Ljubljana: Fakulteta za sociologijo, politične vede in novinarstvo, Raziskovalni inštitut.
- Ferligoj, Anuška in Vladimir Batagelj. 1996. Optimizacijski pristop k bločnim modelom. Slovenska država, družba in javnost: zbornik ob 35-letnici Fakultete za družbene vede.
- Fernandez, Jaime, Alberto Mendez-Villanueva in Babette M. Pluim. 2006. Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine* 40 (5): 387–391.
- Fernandez-Fernandez, Jaime, Vanessa Kinner in Alexander Ferrauti. 2010. The physiological demands of hitting and running in tennis on different surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (12): 3255–3264.
- FIBA. 2008. Official Basketball Rules 2008. Dostopno prek: <http://www.fiba.com/downloads/Rules/2008/OfficialBasketballRules2008.pdf> (15. avgust 2012).

- . 2012. Fiba History. Dostopno prek: <http://www.fiba.com/pages/eng/fc/FIBA/fibaHist/p/openNodeIDs/5683/selectNodeID/5683/fibaHist.html> (15. avgust 2012).
- FIDE. 2012. The working of the FIDE Rating System. Dostopno prek: <http://www.fide.com/fide/handbook.html?id=73&view=article> (20. junij 2012).
- FIFA. 2006. How are points calculated in the FIFA World Ranking? Dostopno prek: [http://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/rawrank/ip-590\\_10e\\_wrpoincalculation\\_8771.pdf](http://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/rawrank/ip-590_10e_wrpoincalculation_8771.pdf) (20. junij 2012).
- . 2012. The History of Football. Dostopno prek: <http://www.fifa.com/classicfootball/history/game/historygame1.html> (20. junij 2012).
- Fortunato, Santo. 2010. Community detection in graphs. *Physics Reports* 486: 75–174.
- Frank, Ove. 2011. Survey Sampling in Networks. V *The SAGE Handbook of Social Network Analysis*, ured. John Scott in Peter J. Carrington, 389–403. London: Sage.
- Freeman, Linton C. 1980. Q-Analysis and the Structure of Friendship Networks. *International Journal of Man-Machine Studies* 12: 367–378.
- Fruchterman, Thomas M. J. in Edward M. Reingold. 1991. Graph Drawing by Force-directed Placement. *Software-Practise and Experience* 21 (11).
- Galaskiewicz, Joseph. 1985. *Social Organization of an Urban Grants Economy*. New York: New York: Academic Press.
- Geschwind, Norman in Albert M. Galaburda. 1987. *Cerebral lateralization*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Geyer, Hannah. 2010. Quit Behavior of Professional Tennis Players. *Sports Medicine* 11 (1): 89–99.
- Ghoniem, Mohammad, Jean-Daniel Fekete in Philippe Castagliola. 2005. On the readability of graphs using node-link and matrix-based representations: a controlled experiment and statistical analysis. *Informational Visualization* 4 (2): 114–135.

- Gillmeister, Heiner. 1997. *Tennis: A Cultural History*. Leicester University Press.
- Girard, Olivier, Franck Eicher, Francois Fourchet, Jean-Paul Micallef in Gregoire P. Millet. 2007. Effects of the playing surface on plantar pressures and potential injuries in tennis. *British Journal of Sports Medicine* 41 (5): 733–738.
- Girard, Olivier, Jean-Paul Micallef in Gregoire P. Millet. 2010. Effects of the playing surface on plantar pressures during the first serve in tennis. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 5 (3): 384–393.
- Girard, Olivier in Gregoire P. Millet. 2004. Effects of the ground surface on the physiological and technical responses in young tennis players. V *Science and racket sports*, ured. J.-F. Lees A., Kahn in I. W. Maynard. London: Routledge.
- Glenn, Dickey. 1982. *History of professional basketball*. Stein and Day Pub.
- Glickman, Mark E. 1995. A Comprehensive Guide to Chess Ratings. *American Chess Journal* 3: 59–102.
- Glickman, Mark E. in Albyn C. Jones. 1999. Rating the Chess Rating System. *Chance* 12: 21–28.
- Gould, Peter in Anthony Gatrell. 1977. A structural analysis of a game: The Liverpool v Manchester united cup final of 1977. *Social Networks* 2 (3).
- Greenacre, Michael in Trevor Hastie. 1987. The Geometric Interpretation of Correspondence Analysis. *Journal of the American Statistical Association* 82: 109–115.
- Greenacre, Michael J. 2007. *Correspondence Analysis in Practice, Second Edition*). Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
- Greenberg, Joseph H. 1956. The measure of linguistic diversity. *Language* 32: 109–115.
- Grouios, George. 2004. Motoric dominance and sporting excellence: Training versus heredity. *Perceptual and Motor Skills* 98: 53–66.
- Grouios, George, Irene Koidou, Charalampos Tsorbatzouidis in Kostas Alexandris. 2002. Handedness in sport. *Journal of Human Movement Studies* 43: 347–361.

- Guttman, Allen. 1994. *A History of British Football*. New York: Columbia University Press.
- Hagemann, Norbert. 2009. The advantage of being left-handed in interactive sports. *Attention, Perception, and Psychopics* 71 (7): 1641–1648.
- Hamming, Richard W. 1950. Error detecting and error correcting codes. *Bell System Technical Journal* 29 (2): 147–160.
- Henry, Nathalie, Jean-Daniel Fekete in Michael J. McGuffin. 2007. NodeTrix: A Hybrid Visualization of Social Networks. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 13 (6).
- Hijmans, J. Robert. 2011. Introduction to the "geosphere" package (Version 1.2-19). Dostopno prek: <http://cran.r-project.org/web/packages/geosphere/vignettes/geosphere.pdf> (30. avgust 2012).
- Hoffmann, Robert, Lee Chew Ging in Bala Ramasamy. 2002. The Socio-Economic Determinants of International Soccer Performance. *Journal of Sports Economics* 5 (2): 253–272.
- ISO. 2012. Country Codes – ISO 3166. Dostopno prek: [http://www.iso.org/iso/country\\_codes.htm](http://www.iso.org/iso/country_codes.htm) (11. december 2012).
- ITTF. 2012a. A Comprehensive History of Table Tennis. Dostopno prek: <http://www.ittf.com/museum/history.html> (15. avgust 2012).
- . 2012b. *Points Table*. Dostopno prek: [http://www.ittf.com/stories/pictures/rating\\_bonus\\_2011.pdf](http://www.ittf.com/stories/pictures/rating_bonus_2011.pdf) (15. avgust 2012).
- Johnston, Ron in Charles Pattie. 2011. Social Networks, Geography and Neighbourhood Effects. V *The SAGE Handbook of Social Network Analysis*, ured. John Scott in Peter J. Carrington, 301–310. London: Sage.
- Jovanović, Bora. 1957. *Fizička kultura kroz istoriju*. Beograd: Sportska knjiga.
- Kamada, Tomihisa in Satoru Kawai. 1989. An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Processing Letters* 31: 7–15.

- Kleinberg, Jon M. 1999. Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment. *Journal of the ACM* 46 (5): 604–632.
- Koning, Ruud H. 2005. Home advantage and speed skating: Evidence from individual data. *Journal of Sports Sciences* 23 (4): 417–427.
- . 2010. Home Advantage in Professional Tennis. *Journal of Sports Sciences* 29 (1): 19–27.
- Kovacs, Mark S. 2006. Hidration and temperature in tennis - a practical review. *Journal of Sports Science and Medicine* 5: 1–9.
- Lieberson, Stanley. 1964. An Extension of Greenberg's Linguistic Diversity Measures. *Language* 398: 437–447.
- Loffing, Florian, Norbert Hagemann in Bernd Strauss. 2009. The Serve in Professional Men's Tennis: Effects of Players' Handedness. *International Journal of Performance Analysis in Sport* 9 (2): 255–274.
- Loffing, Florian, Jörg Schorer in Stephen Copley. 2010. Relative age effects are a developmental problem in tennis: But not necessarily when you're left-handed! *High Ability Studies* 21: 19–25.
- Lončar, Mateja. 2010. Nekatere značilnosti stilov vodenja pri trenerjih ekipnih športov in poveljnikih v slovenski vojski. Doktorska disertacija. Dostopno prek: <http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Dr/Doktorat22M00189LoncarMateja.pdf> (11. februar 2013).
- Lucifora, Claudio in Robert Simmons. 2003. Superstar Effects in Sport: Evidence From Italian Soccer. *Journal of Sports Economics* 4 (1): 35–55.
- 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).
- Magal, Meir, Michael J. Webster, L. E. Sistrunk, Matthew T. Whitehead in James C. Evans, Rachel K. Boyd. 2003. Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35: 150–156.

- Marcus, David J. 2001. New table-tennis rating system. *The Statistician* 50 (2): 191–208.
- Marikova Leeds, Eva, Michael A. Leeds in Irina Pistole. 2007. A Stadium by Any Other Name: The Value of Naming Rights. *Journal of Sports Economics* 8 (6): 581–595.
- Marsden, Peter V. 2005. Recent Developments in Network Measurement. V *Models and Methods in Social Network Analysis*, ured. Peter J. Carrington, John Scott in Stanley Wasserman, 8–30. Cambridge University Press.
- . 2011. Survey Methods for Network Data. V *The SAGE Handbook of Social Network Analysis*, ured. John Scott in Peter J. Carrington, 370–388. London: Sage.
- McAfee, Richard. 2009. *Table Tennis: Steps to Success*. Human Kinetics.
- Meyer, Carl D. 2000. *Matrix Analysis and Applied Linear Algebra*. SIAM.
- Milanovic, Branko. 2005. Globalisation and goals: does soccer show the way? *Review of International Political Economy* 12 (5): 829–850.
- Moody, James, Daniel A. McFarland in Skye Bender-deMoll. 2005. Visualizing Network Dynamics. *American Journal of Sociology* 110 (4).
- Moreno, Jacob L. 1934. *Who shall survive?* Washington, DC: Nervous and Mental Disease Publishing Company.
- Murias, Juan M., Damian Lanatta, Carlos R. Arcuri in Fernando A. Laino. 2007. Metabolic and functional responses playing tennis on different surfaces. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (1): 112–117.
- Murray, Bill. 1996. *The World's Game: A History of Soccer*. University of Illinois: Board of Trustees.
- Murray, Harold James R. 1913. *A history of chess*. London: Oxford University Press.
- Nadal, Rafael in John Carlin. 2012. *Rafa: Življenska zgodba enega najboljših tenisačev sveta*. Tržič: Učila International.
- Naismith, James. 1996. *Basketball: Its Origin and Development*. University of Nebraska Press: Bison books.



- Nevill, Alan M. in Roger L. Holder. 1999. Home advantage in sport: An overview of studies on the advantage of playing at home. *Sports Medicine* 28: 221–236.
- Nigg, Benno M. in Bernhard Segesser. 1988. The influence of playing surfaces on the load on the locomotor system and on football and tennis injuries. *Sports Medicine* 5 (6): 375–385.
- Noel, Evan B. in James O. M. Clark. 1991. *A History of Tennis*. London: Duckworth.
- de Nooy, Wouter, Andrej Mrvar in Vladimir Batagelj. 2012. *Exploratory Network Analysis with Pajek, Revised and Expanded Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- O'Donoghue, Peter in Billy Ingram. 2001. A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sports Sciences* 19 (2): 107–115.
- Onnela, Jukka-Pekka, Samuel Arbesman, Marta C. González, Albert-László Barabási in Nicholas A. Christakis. 2011. Geographic Constraints on Social Network Groups. *PLoS ONE* 6 (4): e16939. Dostopno prek: [10.1371/journal.pone.0016939](http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0016939) (8. september 2012).
- Onody, Roberto N. in Paulo A. de Castro. 2004. Complex network study of Brazilian soccer players. *Phys. Rev. E* 70: 037103. Dostopno prek: <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.70.037103> (19. oktober 2012).
- Peña, Javier L. in Hugo Touchette. 2012. A network theory analysis of football strategies. *CoRR* abs/1206.6904. Dostopno prek: <http://arxiv.org/abs/1206.6904> (29. september 2012).
- Pollard, Richard. 2008. Home Advantage in Football: A Current Review of an Unsolved Puzzle. *The Open Sports Sciences Journal* 1: 12–14.
- Pollard, Richard in Graham Pollard. 2005. Home Advantage in soccer: a review of its existence and causes. *International Journal of Soccer and Science* 33 (1): 31–44.
- Porter, Mason A., Jukka-Pekka Onnela in Peter J. Mucha. 2009. Communities in Networks. *Notices of the American Mathematical Society* 56 (9): 1082–1097.

- Poulter, Damian R. 2009. Home advantage and player nationality in international club football. *Journal of Sports Sciences* 27 (8): 797–805.
- R Core Team. 2012. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostopno prek: <http://www.R-project.org/> (22. januar 2012).
- Radicchi, Filippo. 2011. Who is the best player ever? A complex network analysis of the history of professional tennis. *PLoS ONE* 6 (2): e17249. Dostopno prek: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0017249> (8. junij 2012).
- Reclus, Elisee. 1879. *Geographie Universelle La terre et les hommes*. Paris: Librairie Hanchette et Cie.
- Reifman, Alan. 2006. Network Analysis of Basketball Passing Patterns II. Dostopno prek: [http://vw.indiana.edu/netsci06/conference/Reifman\\_Network.pdf](http://vw.indiana.edu/netsci06/conference/Reifman_Network.pdf) (8. julij 2012).
- Rooney, John. 1969. Up from the mines and out from the prairies: some geographical implications of football in the us. *Geographical Review* 59 (4): 471–492.
- Schvaneveldt, Roger W., Donald W. Dearholt in Francis T. Durso. 1988. Graph theoretic foundations of Pathfinder networks. *Computers and Mathematics with Applications* 15 (4): 337–345.
- Schvaneveldt, Roger W., Francis T. Durso in Donald W. Dearholt. 1989. Network structures in proximity data. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* 24: 249–284.
- Seleš, Monica. 1996. *Monica from fear to victory*. London: HarperCollinsPublishers.
- Simmons, Robert. 1997. Implications of the Bosman Ruling for football transfer markets. *Economic Affairs* 17 (3): 13–18.
- Sonas, Jeff. 2002. The Sonas Rating Formula – Better then Elo? Dostopno prek: <http://www.chessbase.com/newsdetail.asp?newsid=562> (23. september 2012).

- Stefani, Ray. 1997. Survey of the major world sports rating systems. *Journal of Applied Statistics* 24 (6): 635–646.
- . 2011. The Methodology of Officially Recognized International Sports Rating Systems. *Journal of Quantitative Analysis in Sports* 7 (4).
- Stefani, Ray in Richard Pollard. 2007. Football Rating System for Top-Level Competition: A Critical Survey. *Journal of Quantitative Analysis in Sports* 3 (3).
- Šibila, Marko. 2004. *Rokomet - izbrana poglavja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Tomljanović, Vinko in Zdravko Malić. 1982. *Rukomet : teorija i praksa*. Zagreb: Sportska tribina.
- Tufte, Edward R. 1997. *Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Graphics Pr.
- . 2001. *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Pr.
- United Nations Statistics Division. 2012. Standard country or area codes for statistical use. Dostopno prek: <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49.htm> (11. december 2012).
- Van Eck, Nees Jan in Ludo Waltman. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 84 (2): 523–538.
- . 2011. VOSviewer. Dostopno prek: <http://www.vosviewer.com/> (11. marec 2012).
- Van Eck, Nees Jan, Ludo Waltman, Rommert Dekker in Jan Van der Berg. 2010. A Comparison of Two Techniques for Bibliometric Mapping: Multidimensional Scaling and VOS. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 61 (12): 2405–2416.
- Waltman, Ludo, Nees Jan Van Eck in Ed C. M. Noyons. 2010. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics* 4 (4): 629–635.

- Ward, Joe H. 1963. Hierarchical grouping to optimize the objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236–244.
- Ware, Colin. 2012. *Information Visualization, Third Edition: Perception for Design (Interactive Technologies)*. San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- Wäsche, Hagen, Alexander Woll in Ulrik Brandes. 2012. Social Network Analysis in Sports and Physical Activity Research. V *Sunbelt XXXII: 32nd annual conference of the International Network for Social Network Analysis (INSNA)*. Redondo Beach, California, ZDA.
- Wasserman, Stanley in Katherine Faust. 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wellman, Barry, Peter J. Carrington in Alan Hall. 1988. Networks as personal communities. V *Social structures*, ured. Barry Wellman in Stephen D. Berkowitz, 130–184. Cambridge: Cambridge University Press.
- Whitman, Malcolm D. 2004. *Tennis: Origins and Mysteries*. Dover Publications.
- Wilkinson, Leland. 2005. *The Grammar of Graphics*. New York: Springer.
- Wilson, Robin J. in John J. Watkins. 1997. *Uvod v teorijo grafov*. Ljubljana: Društvo matematikov, fizikov in astronomov.
- Wood, Charles J. in John P. Aggleton. 1989. Handedness in 'fast ball' sports: Do left-handers have an innate advantage? *British Journal of Psychology* 80: 227–240.
- WTA. 2012. Ranking system. Dostopno prek: [http://www.wtatennis.com/SEWTATour-Archive/Rankings\\_Stats/howitworks.pdf](http://www.wtatennis.com/SEWTATour-Archive/Rankings_Stats/howitworks.pdf) (15. avgust 2012).
- Young, Percy M. 1969. *A History of British Football*. London: Sportsmans Book Club.
- Zaveršnik, Matjaž. 2003. Razčlembe omrežij. Doktorska disertacija. Dostopno prek: <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-RBIA5C56/> (11. februar 2013).
- Zaveršnik, Matjaž in Vladimir Batagelj. 2004. Islands. V *Sunbelt XXIV: International Sunbelt Social Network Conference*. Portorož, Slovenija.

Zaveršnik, Matjaž, Vladimir Batagelj in Andrej Mrvar. 2001. Analysis and visualization of 2-mode networks. V *6th Young Statisticians Meeting*. Ossiach, Avstrija.

# Imensko kazalo

- Agassi, Andre, 147  
Aggleton, John P., 147  
Ahmed, Adel, 34  
Alexandris, Kostas, 147  
Amaral, Luis A. Nunes, 32  
Amir, Eli, 165  
Arbesman, Samuel, 36  
Arcuri, Carlos R., 138  
ATP, 114  
  
Bale, John, 20, 21, 36  
Barabási, Albert-László, 36  
Bastholt, Per, 138  
Batagelj, Vladimir, 40, 42–46, 71, 75, 120,  
137, 145, 156, 158, 165, 173, 180,  
183, 187, 192, 194  
Baur, Dirk, 164  
Bender-deMoll, Skye, 44, 155, 156  
Bennett, Jay, 111  
Berkowitz, Stephen D., 35  
Berlekamp, Elwyn R., 119  
Bertin, Jacques, 42  
Borgatti, Stephen P., 181, 182  
Boyd, James C., 138  
Bradley, Ralph A., 119  
Brandes, Ulrik, 31–33  
Bray, Steven R., 159, 160  
Breznik, Kristijan, 71, 75, 120, 137, 156,  
158, 180, 194  
Brin, Sergey, 127  
Brvar, Darko, 40, 192  
Burt, Ronald S., 45  
  
Caillois, Roger, 19  
Carlin, John, 147  
Carmichael, Fiona, 164  
Carrington, Peter J., 184  
Carron, Albert V., 158  
Cartwright, Dorwin, 172  
Castagliola, Philippe, 44  
de Castro, Paulo A., 33  
Chabris, Christopher F., 63  
Chen, Chaomei, 47  
Christakis, Nicholas A., 36  
Churchill, Reginald C., 123  
Clark, James O. M., 21  
Coakley, Jay, 18, 20  
Cobley, Stephen, 147  
Collinson, Lucy, 128  
Conway, John H., 119

Cooke, Andrew, 19  
 Cotta, Carlos, 33  
 Courneya, Kerry S., 158  
  
 D'Esposito, Maria Rosaria, 184  
 Davis, Allison, 40  
 de Nooy, Wouter, 43  
 De Stefano, Domenico, 184  
 Dearholt, Donald W., 47  
 Dekker, Rommert, 145  
 Del Coral, Julio, 138  
 Doreian, Patrick, 44, 45, 173, 183  
 Doupona Topič, Mojca, 18  
 Drinovec, Aleš, 24  
 Duch, Jordi, 32  
 Dumhoff, William G., 40  
 Durso, Francis T., 47  
  
 Eicher, Franck, 138  
 Elo, Arpad E., 117, 119  
 Evans, Rachel K., 138  
 Everett, Martin G., 182  
  
 FAS.Research, 34  
 Faurie, Charlotte, 147  
 Faust, Katherine, 20, 39, 40, 42  
 Fekete, Jean-Daniel, 43, 44  
 Ferligoj, Anuška, 44, 45, 173, 183  
 Fernandez, Jaime, 128, 138, 184  
 Ferrauti, Alexander, 138  
 FIBA, 29  
 FIDE, 118  
 FIFA, 25, 124  
  
 Forrest, David, 164  
 Fortunato, Santo, 35  
 Fourchet, Francois, 138  
 Frank, Ove, 50  
 Freeman, Linton C., 44  
 Fruchterman, Thomas M. J., 43  
 Fu, Xiaoyan, 34  
  
 Galaburda, Albert M., 147  
 Galaskiewicz, Joseph, 40  
 Gardner, Burleigh B., 40  
 Gardner, Mary R., 40  
 Gatrell, Anthony, 33  
 Geschwind, Norman, 147  
 Geyer, Hannah, 52, 145, 152, 184  
 Ghoniem, Mohammad, 44  
 Gillmeister, Heiner, 21  
 Ging, Lee Chew, 164  
 Girard, Olivier, 138  
 Glenn, Dickey, 28  
 Glickman, Mark E., 36, 63, 118–121  
 González, Marta C., 36  
 Gould, Peter, 33  
 Gowing, David, 20, 36  
 Greenacre, Michael J., 184, 185  
 Greenberg, Joseph H., 75  
 Grouios, George, 147  
 Guttmann, Allen, 25  
 Guy, Richard K., 119  
  
 Hagemann, Norbert, 147  
 Halgin, Daniel S., 181  
 Harary, Frank, 172

Hastie, Trevor, 184  
 Henry, Nathalie, 43  
 Hijmans, J. Robert, 80, 104  
 Hoffmann, Robert, 164  
 Holder, Roger L., 158  
 Hong, Seok-Hee, 34  
 Hughes, Mike, 128  
  
 Ingram, Billy, 128, 138, 184  
 ISO, 51  
 ITTF, 23, 116, 117, 124  
  
 Johnston, Ron, 36  
 Jones, Albyn C., 36, 120, 121  
 Jovanović, Bora, 18  
  
 Kamada, Tomihisa, 43  
 Kawai, Satoru, 43  
 Kinner, Vanessa, 138  
 Kleinberg, Jon M., 134, 135  
 Koidou, Irene, 147  
 Koning, Ruud H., 158  
 Kovacs, Mark S., 138  
 Kremer, Peter, 35  
  
 Laino, Fernando A., 138  
 Lanatta, Damian, 138  
 Leeds, Michael A., 19  
 Lehmann, Sibylle, 164  
 Lieberson, Stanley, 75  
 Livne, Gilad, 165  
 Loffing, Florian, 147  
 Lončar, Mateja, 18  
 Lucifora, Claudio, 165  
  
 Lusher, Dean, 35  
  
 Magal, Meir, 138  
 Malić, Zdravko, 30  
 Marcus, David J., 117  
 Marikova Leeds, Eva, 19  
 Marsden, Peter V., 49  
 McAfee, Richard, 23  
 McFarland, Daniel A., 44, 155, 156  
 McGuffin, Michael J., 43  
 Mendez-Villanueva, Alberto, 128, 138,  
     184  
 Merelo, Juan J., 33  
 Merelo-Molina, Cecilia, 33  
 Meyer, Carl D., 128  
 Micallef, Jean-Paul, 138  
 Millet, Gregoire P., 138  
 Milovanovic, Branko, 165  
 Minor, Michael J., 45  
 Moody, James, 155, 156  
 Mora, Antonio M., 33  
 Moreno, Jacob L., 42  
 Morris, Steven, 47  
 Mrvar, Andrej, 40, 43, 46, 71, 145, 165,  
     173, 187, 192  
 Mucha, Peter J., 35  
 Murias, Juan M., 138  
 Murray, Bill, 26  
 Murray, Harold J. R., 24  
  
 Nadal, Rafael, 147  
 Naismith, James, 28  
 Nevill, Alan M., 158



Nguyen, QuanHoang, 34  
 Nigg, Benno M., 138  
 Noel, Evan B., 21  
 de Nooy, Wouter, 43  
 Noyons, Ed C. M., 145  
  
 O'Donoghue, Peter, 128, 138, 184  
 Onnela, Jukka-Pekka, 35, 36  
 Onody, Roberto N., 33  
  
 Page, Larry, 127  
 Pattie, Charles, 36  
 Peña, Javier L., 34  
 Petrović, Krešimir, 18  
 Pike, Elizabeth, 18, 20  
 Pistole, Irina, 19  
 Pluim, Babette M., 128, 138, 184  
 Pollard, Graham, 158  
 Pollard, Richard, 27, 124, 158  
 Porter, Mason A., 35  
 Poulter, Damian R., 158  
 Prieto-Rodriguez, Juan, 138  
  
 Radicchi, Filippo, 33, 129  
 Ragozini, Giancarlo, 184  
 Ramasamy, Bala, 164  
 Raymond, Michel, 147  
 Reclus, Elisee, 20  
 Reifman, Alan, 34  
 Reingold, Edward M., 43  
 Robins, Garry, 35  
 Rooney, John, 20, 36  
  
 Schorer, Jörg, 147  
  
 Schvaneveldt, Roger W., 47  
 Scott, John, 184  
 Segesser, Bernhard, 138  
 Seleš, Monica, 147  
 Simmons, Robert, 164, 165  
 Sistrunk, L. E., 138  
 Sonas, Jeff, 36, 118, 121  
 Stefani, Ray, 27, 36, 109–111, 124  
 Strauss, Bernd, 147  
 Šibila, Marko, 29  
  
 Terry, Milton E., 119  
 Tomljanović, Vinko, 30  
 Touchette, Hugo, 34  
 Tsorbatzouidis, Charalampos, 147  
 Tufte, Edward R., 42  
  
 United Nations Statistics Division, 51  
  
 Van der Berg, Jan, 145  
 Van Eck, Nees Jan, 145, 192  
  
 Wäsche, Hagen, 31–33  
 Waitzman, Joshua S., 32  
 Waltman, Ludo, 145, 192  
 Ward, Joe H., 45  
 Ware, Colin, 43  
 Wasserman, Stanley, 20, 39, 40, 42, 184  
 Watkins, John J., 39, 41, 46  
 Webster, Michael J., 138  
 Wellman, Barry, 35  
 Whitehead, Matthew T., 138  
 Whitman, Malcolm D., 21  
 Wilkinson, Leland, 42

Wilson, Robin J., 39, 41, 46

Woll, Alexander, 31–33

Wood, Charles J., 147

WTA, 115

Xu, Kai, 34

Young, Percy M., 26

Zaveršnik, Matjaž, 46, 187



# Stvarno kazalo

Termini *šport*, *omrežje* in *analiza omrežij* so uporabljeni skozi vso disertacijo in zato niso posebej označeni.

- aciklično omrežje, 172, 174, 195
- akter, 17, 18, 35, 39, 40, 43, 44, 46, 49, 69–71, 73, 74, 89, 104–107, 110, 129, 139, 150, 151, 155, 160, 163, 166, 191–194
- algoritem, 50, 127
  - Fruchtermann-Reingold, 43
  - Kamada-Kawai, 43, 100, 102, 145, 156, 171
  - PageRank, 33, 127–130, 132, 135, 151, 192
  - PathFinder, 47, 99, 100, 102, 107
- bločno modeliranje, 44, 173, 183, 193
- brezlestvično omrežje, 74
- časovna rezina, 40, 155
- časovno omrežje, 40
  - dinamično, 155
- dendrogram, 93
- dvodelni graf, 181, 182, 189
- dvojno logaritemska lestvica, 74, 76
- dvovrstno omrežje, 40, 41, 46, 135–137, 181, 184–190, 193
- enovrstno omrežje, 40, 41, 135–137
- evklidska razdalja, 45, 160, 181
  - popravljen, 45, 93, 94, 97, 98
- faktor dušenja  $d$ , 128, 129, 151
- faktor slabljenja  $K$ , 110, 118
- graf, 39, 42, 89
- Hammingova razdalja, 70
- jakost, 17, 18, 25, 35–37, 69, 71, 77, 82, 84, 87, 91, 92, 106, 107, 109–113, 115–126, 128, 129, 131, 132, 138, 151, 177–179, 192, 194
- ELO, 180
- načini ocenjevanja, 109, 111, 112, 115, 117, 124, 126
  - ELO, 117
  - teniški, 112
- šahovska, 117–119, 122, 177

jakostna lestvica, 35, 36, 49–51, 58, 61,  
 64, 65, 78, 79, 84, 85, 87, 91, 110,  
 112, 113, 115, 121, 125, 126, 129–  
 131, 133, 134, 138, 143, 144, 148,  
 149, 151, 192  
 ATP, 84, 113, 129, 130, 132, 138, 143,  
 147, 148  
 ELO, 177  
 FIDE, 87, 121  
 FIFA, 104  
 ITTF, 58, 85  
 košarkarska, 126  
 namiznoteniška, 116  
 nogometna, 91, 104, 125, 159  
 rokometna  
 moška, 126  
 šahovska, 78, 111, 122  
 teniška, 110, 112, 113, 128, 129, 134,  
 143, 148  
 moška, 113  
 ženska, 114, 115  
 WTA, 129, 131, 132, 138, 143, 147,  
 148  
 jakostne točke, 109, 110, 117, 126  
 ELO, 106, 118, 122, 177–180  
 koeficient korelacije  
 Pearson, 104  
 Spearman, 130–132  
 korespondenčna analiza, 184, 185, 193  
 multipla, 184  
 košarka, 19, 28, 29, 34, 50, 63, 67, 89–92,  
 96, 102, 105–107, 126, 191  
 krepka skrčitev, 172  
 kumulativno omrežje, 156  
 kvalifikacije, 159  
 linearna funkcija, 121  
 logistična funkcija, 119  
 logistična krivulja, 121  
 maksimalna množica, 41, 46  
 masters, 113  
 matrika sosednosti, 44, 93, 160–163  
 mera  
 pomembnosti, 18, 32, 41, 42, 134  
 različnosti, 45, 47  
 središčnosti, 42  
 veljave, 42  
 metoda  
 kazal, 35, 134–136, 167, 168, 171, 187,  
 192, 193  
 najmanjših kvadratov, 120  
 otokov, 46, 107  
 povezavnih, 46, 82, 85–87, 145, 178  
 posplošenih sredic, 46, 146, 188–190  
 prediktor–korektor, 110  
 različnosti, 93  
 S-sredic, 82, 88, 145, 193  
 snežne kepe, 50  
 sredic, 46, 87, 107  
 virov, 35, 134–136, 167–169, 171, 187,  
 192, 193  
 namizni tenis, 19, 20, 23, 35, 50, 51, 58,

59, 73, 75, 78, 80, 85, 87, 105–107,  
 116, 117, 191, 195  
 nogomet, 19, 20, 26, 32–34, 43, 50, 63, 64,  
 71, 90–92, 105–107, 111, 123, 124,  
 158, 191, 193, 194  
 ameriški, 20, 111  
     profesionalni, 26  
     univerzitetni, 26  
 avstralski, 26  
 galski, 26  
 kanadski, 26  
 olimpijske igre, 19, 23, 28–30, 113, 116,  
     126, 159  
     letne, 30  
 omrežje pripadnosti, 40  
 označeno omrežje, 160  
 Pajek, 71, 192  
 Pajek To SVG Anim, 192  
 Perron-Frobeniusov izrek, 128  
 podgraf, 135  
 povezana komponenta  
     krepko, 41, 172–174, 176  
     šibko, 41, 167, 171, 172, 174, 176  
 predani dvoboj, 137–145, 193, 194  
 prednost domačega igrišča, 158–160  
 prvenstvo, 22, 27, 34, 126, 164, 165, 170  
     Afrike, 126  
     ameriško, 125, 126  
     azijsko, 126  
     ekipno, 110  
     evropsko, 125, 126  
     košarkarsko, 68  
     nogometno, 32  
 konfederacij, 159  
 košarkarsko, 110  
 namiznoteniško, 23  
 nogometno, 26, 110  
 Oceanije, 126  
 odprto, 22  
 rokometno, 110  
 svetovno, 26, 116, 126, 164, 165  
     ekipno teniško, 113  
     košarkarsko, 29, 126  
     nogometno, 27, 34, 124, 125, 159,  
         164–176, 186, 187, 189, 193  
 študentsko  
     ameriško, 28  
 ragbi, 26  
 rangiranje, 127  
 različnost, 45  
 razvrščanje v skupine, 45, 95  
     hierarhično, 45, 93, 160, 181  
 regularni dvoboj, 140  
 relacija, 35, 39, 41, 43, 49, 69–71, 73, 89,  
     104, 105, 129, 160, 167, 171, 195  
     ekvivalenčna, 45  
     longitudinalna, 50  
 rokomet, 19, 20, 29, 30, 50, 63, 68, 89, 91,  
     93, 96, 98, 99, 102, 105–107, 126,  
     191  
 rugby, 26  
 skelet omrežja, 47

skupnosti, 35  
 sociogram, 42  
 Sofijsko pravilo, 107  
 SOI, 75–78, 80, 91–93, 106, 194  
 sredica, 189  
 stohastična matrika, 128  
 stopnja točke, 42, 74, 75, 89, 91, 105, 106,  
 172, 174, 176  
 strukturna ekvivalenca, 183  
 supervelomojster, 176–181  
 šah, 17, 20, 21, 24, 27, 35, 36, 44, 49–51,  
 61, 62, 69, 71, 73, 78, 80, 105–107,  
 117, 119, 137, 191, 192, 194, 195  
 šahovska olimpijada, 62  
 tenis, 19–23, 35, 36, 50, 51, 54, 58, 69, 73,  
 78, 80, 82, 105–107, 111, 112, 137,  
 138, 142, 147, 148, 150, 153, 155,  
 158, 181, 191–195  
 teorija grafov, 39  
 večkratno omrežje, 41, 167, 171  
 večvrstno omrežje, 40, 41  
 veleomojster, 176, 178  
 vizualizacija, 17, 34  
 omrežij, 44, 192  
 VOSviewer, 145, 192  
 vpeto drevo, 46  
 Wardova metoda, 93, 95, 96, 160, 181  
 zanka, 39, 167

# Priloge



# A Kodna tabela držav

Oznake športov v tabeli A.1:

T – tenis      NT – namizni tenis      Š – šah  
 N – nogomet      K – košarka      R – rokomet

Oznake regij po športih v tabeli A.1:

Tenis: 1 – Vzhodna Evropa      2 – Zahodna Evropa  
 3 – Severna in Srednja Amerika s Karibi      4 – Južna Amerika  
 5 – Afrika      6 – Azija  
 7 – Oceanija      0 – nerazporejeno

Ostali športi: 1 – Evropa      3 – Severna in Srednja Amerika s Karibi  
 4 – Južna Amerika      5 – Afrika  
 6 – Azija      7 – Oceanija  
 0 – nerazporejeno

Tabela A.1: ISO-kodna tabela držav vključenih v analizo

Ime države	koda ISO	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Albanija	ALB	1	1	1	1	1	0
Alžirija	DZA	5	5	5	5	5	5
Ameriška Samoa	ASM	7	7	0	7	0	0
Ameriški Deviški otoki	VIR	3	0	3	3	0	0
Andora	AND	2	1	1	1	0	0
Anglija	ENG	2	1	1	1	1	0
Angola	AGO	5	5	5	5	5	5
Angvila	AIA	3	4	0	3	0	0
Antigua in Barbuda	ATG	3	4	0	3	0	0

Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Argentina	ARG	4	4	4	4	4	4
Armenija	ARM	1	1	1	1	0	0
Aruba	ABW	3	4	3	3	0	0
Avstralija	AUS	7	7	7	6	7	7
Avstrija	AUT	2	1	1	1	1	1
Azerbajdžan	AZE	1	1	1	1	0	0
Bahami	BHS	3	0	0	3	0	0
Bahrajn	BHR	6	6	6	6	6	6
Bangladeš	BGD	6	6	6	6	0	0
Barbados	BRB	3	4	3	3	0	0
Belgija	BEL	2	1	1	1	1	1
Belize	BLZ	3	4	3	3	0	0
Belorusija	BLR	1	1	1	1	1	1
Benin	BEN	5	5	0	5	5	0
Bermudi	BMU	3	3	3	3	0	0
Bohemija	BOH	0	0	0	1	0	0
Bolgarija	BGR	1	1	1	1	1	1
Bolivija	BOL	4	4	4	4	0	0
Bosna in Hercegovina	BIH	1	1	1	1	1	1
Botsvana	BWA	5	5	5	5	0	0
Brazilija	BRA	4	4	4	4	4	4
Britanski Deviški otoki	VGB	0	0	3	3	0	0
Brunej Darussalam	BRN	6	6	6	6	0	0
Burkina Faso	BFA	5	5	0	5	0	5
Burma	BUR	0	0	0	6	0	0
Burundi	BDI	5	5	5	5	0	0
Butan	BTN	6	6	6	6	0	0
Centralnoafriška republika	CAF	5	5	5	5	5	0
Ciper	CYP	2	1	1	1	1	1

Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Cookovo otočje	COK	7	7	0	7	0	0
Curacao	CUW	0	4	0	3	0	0
Čad	TCD	5	0	0	5	5	0
Češka	CZE	1	1	1	1	1	1
Češkoslovaška	TCH	0	0	0	1	1	1
Čile	CHL	4	4	4	4	4	4
Črna Gora	MNE	1	1	1	1	1	1
Danska	DNK	2	1	1	1	1	1
Dominika	DMA	3	4	0	3	0	0
Dominikanska republika	DOM	3	4	3	3	3	3
DR Kongo	COD	5	5	5	5	0	5
Džibuti	DJI	5	5	0	5	0	0
Egipt	EGY	5	5	5	5	5	5
Ekvador	ECU	4	4	4	4	4	0
Ekvatorialna Gvineja	GNQ	5	0	0	5	0	0
Eritreja	ERI	5	0	0	5	0	0
Estonija	EST	1	1	1	1	1	1
Etiopija	ETH	5	5	5	5	5	0
Ferski otoki	FRO	2	1	1	1	0	1
Fidži	FJI	7	7	7	7	0	0
Filipini	PHL	6	6	6	6	6	0
Finska	FIN	2	1	1	1	1	1
Francija	FRA	2	1	1	1	1	1
Francoska Gvajana	GUF	0	0	0	5	0	0
Francoska Gvineja	FGU	4	4	0	0	0	0
Francoska Polinezija	PYF	0	0	0	7	0	0
Gabon	GAB	5	5	5	5	5	5
Gambija	GMB	5	5	5	5	5	0
Gana	GHA	5	5	5	5	0	0

Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Grčija	GRC	2	1	1	1	1	1
Grenada	GRD	3	4	0	3	0	0
Gruzija	GEO	1	1	1	1	1	1
Guadalupe	GLP	3	0	0	3	0	0
Guam	GUM	6	6	6	6	0	0
Gvajana	GUY	3	3	3	3	0	0
Gvatemala	GTM	3	4	3	3	0	0
Gvineja-Bissau	GNB	5	0	0	5	0	0
Gvineja	GIN	5	5	0	5	5	0
Haiti	HTI	3	4	3	3	0	0
Honduras	HND	3	4	3	3	0	0
Hong Kong	HKG	6	6	6	6	6	6
Hrvaška	HRV	1	1	1	1	1	1
Indija	IND	6	6	6	6	6	6
Indonezija	IDN	6	6	6	6	6	0
Irak	IRQ	6	6	6	6	6	0
Iran	IRN	6	6	6	6	6	6
Irska	*IR	0	0	0	1	0	0
Islandija	ISL	2	1	1	1	0	1
Italija	ITA	2	1	1	1	1	1
Izrael	ISR	1	1	1	1	1	1
Jamajka	JAM	3	4	3	3	0	0
Japonska	JPN	6	6	6	6	6	6
Jemen PDR	*YE	0	0	0	6	0	0
Jersey	JEY	2	1	1	0	0	0
Jordanija	JOR	6	6	6	6	6	6
Jugoslavija	YUG	1	1	1	1	1	1
Južni Vietnam	*SV	0	0	0	6	0	0
Kajmanovi otoki	CYM	3	0	0	3	0	0

Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Kambodža	KHM	6	6	6	6	0	0
Kamerun	CMR	5	5	5	5	5	5
Kanada	CAN	3	3	3	3	3	3
Katar	QAT	6	6	6	6	6	6
Kazahstan	KAZ	6	6	6	1	0	0
Kenija	KEN	5	5	5	5	5	0
Kirgistan	KGZ	6	6	6	6	0	0
Kitajska	CHN	6	6	6	6	6	6
Kolumbija	COL	4	4	4	4	4	0
Komori	COM	5	5	5	5	0	0
Kongo	COG	5	5	0	5	5	5
Koreja PDR	PRK	6	6	0	6	6	0
Kosovo	KOS	1	1	0	0	0	0
Kostarika	CRI	3	4	4	3	0	0
Kuba	CUB	3	4	3	3	3	3
Kuvajt	KWT	6	6	6	6	6	6
Laos	LAO	6	6	6	6	0	0
Latvija	LVA	1	1	1	1	1	1
Lesoto	LSO	5	5	5	5	0	0
Libanon	LBN	6	6	6	6	6	0
Liberija	LBR	5	5	0	5	5	0
Libija	LYB	5	5	5	5	5	0
Lihtenštajn	LIE	2	1	1	1	0	0
Litva	LTU	1	1	1	1	1	1
Luksemburg	LUX	2	1	1	1	1	1
Macao	MAC	6	6	6	6	0	0
Madagaskar	MDG	5	5	5	5	5	0
Madžarska	HUN	1	1	1	1	1	1
Makedonija	MKD	1	1	1	1	1	1

Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Malavi	MWI	5	5	5	5	0	0
Maldivi	MDV	6	6	6	6	0	0
Malezija	MYS	6	6	6	6	6	0
Mali	MLI	5	0	5	5	5	0
Malta	MLT	2	1	1	1	0	1
Man	IMN	2	1	0	0	0	0
Maroko	MAR	5	5	5	5	5	5
Maršalovi otoki	MHL	7	7	0	0	0	0
Martinik	MTQ	0	0	0	3	0	0
Mauritius	MUS	5	5	5	5	0	0
Mavretanija	MRT	5	0	5	5	5	0
Mehika	MEX	3	4	3	3	3	3
Mjanmar	MMR	0	6	6	6	0	0
Moldavija	MDA	1	1	1	1	1	1
Monako	MCO	2	1	1	0	0	0
Mongolija	MNG	0	6	6	6	0	0
Montserrat	MSR	0	0	0	3	0	0
Mozambik	MOZ	5	5	5	5	5	5
Namibija	NAM	5	5	5	5	0	0
Nemčija	DEU	2	1	1	1	1	1
Nepal	NPL	0	6	6	6	0	0
Niger	NER	5	5	0	5	5	0
Nigerija	NGA	5	5	5	5	5	5
Nikaragva	NIC	3	4	3	3	0	0
Nizozemska	NLD	2	1	1	1	1	1
Nizozemski Antili	ANT	3	4	3	3	0	0
Norveška	NOR	2	1	1	1	0	1
Nova Kaledonija	NCL	0	7	0	7	0	0
Nova Zelandija	NZL	7	7	7	7	7	7

Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Oman	OMN	6	6	0	6	0	0
Pakistan	PAK	6	6	6	6	0	0
Palestina	PLE	6	6	6	6	6	0
Panama	PAN	3	4	3	3	3	0
Papua Nova Gvineja	PNG	7	7	7	7	0	0
Paragvaj	PRY	4	4	4	4	4	4
Peru	PER	4	4	4	4	4	0
Poljska	POL	1	1	1	1	1	1
Portoriko	PRI	3	4	3	3	3	3
Portugalska	PRT	2	1	1	1	1	1
RCS	RCS	0	0	0	1	0	0
Republika Irska	IRL	2	1	1	1	1	1
Republika Jemen	YEM	0	6	6	6	0	0
Republika Južna Afrika	ZAF	5	5	5	5	5	0
Republika Koreja	KOR	6	6	6	6	6	6
Reunion	REU	0	0	0	5	0	0
Rodesija	RHO	0	0	0	5	0	0
Romunija	ROM	1	1	1	1	1	1
Ruanda	RWA	5	5	5	5	5	0
Rusija	RUS	1	1	1	1	1	1
Saar	SAA	0	0	0	1	0	0
Salvador	SLV	3	4	3	3	0	0
Samoa	WSM	7	7	0	7	0	0
San Marino	SMR	2	1	1	1	1	1
Sao Tome in Principi	STP	0	0	5	5	0	0
Saudova Arabija	SAU	6	6	6	6	0	6
Sejšeli	SYC	5	5	5	5	0	0
Senegal	SEN	5	5	5	5	5	5
Severna Irska	NIR	0	0	0	1	0	0

Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Severni Marianski otoki	MNP	7	7	0	0	0	0
Severni Vietnam	VNO	0	0	0	6	0	0
Siera Leone	SLE	5	5	5	5	0	0
Singapur	SGP	6	6	6	6	6	0
Sirija	SYR	6	6	6	6	6	0
Skupnost neodvisnih držav	CIS	0	0	0	1	1	1
Slonokoščena obala	CIV	5	5	5	5	5	5
Slovaška	SVK	1	1	1	1	0	1
Slovenija	SVN	1	1	1	1	1	1
Solomonovi otoki	SLB	7	7	7	7	0	0
Somalija	SOM	5	5	5	5	5	0
Sovjetska zveza	URS	0	0	0	1	1	1
Srbija	SRB	1	1	1	1	1	1
Srbija in Črna Gora	SCG	1	0	0	1	1	0
Sudan	SDN	5	5	5	5	5	0
Surinam	SUR	0	0	3	3	0	0
Svazi	SWZ	5	0	5	5	0	0
Sveta Lucija	LCA	3	4	0	3	0	0
Sveti Kitts in Nevis	KNA	0	4	0	3	0	0
Sveti Vincent in Grenadini	VCT	0	4	0	3	0	0
Škotska	SCO	2	1	1	1	1	0
Španija	ESP	2	1	1	1	1	1
Šri Lanka	LKA	6	6	6	6	0	0
Švedska	SWE	2	1	1	1	1	1
Švica	CHE	2	1	1	1	1	1
Tadžikistan	TJK	6	6	6	6	0	0
Taivan	TWN	6	0	0	6	6	0
Tajska	THA	6	6	6	6	6	0
Tanzanija	TZA	5	5	0	5	5	0



Tabela A.1: (nadaljevanje)

Ime države	ISO koda	Svetovne regije po športih					
		T	NT	Š	N	K	R
Togo	TGO	5	5	5	5	5	0
Tonga	TON	0	7	0	7	0	0
Trinidad in Tobago	TTO	3	4	3	3	0	0
Tunizija	TUN	5	5	5	5	5	5
Turčija	TUR	1	1	1	1	1	1
Turkmenistan	TKM	6	6	6	6	6	0
Turks in Caicos otoki	TCA	0	0	0	3	0	0
Uganda	UGA	5	5	5	5	0	0
Ukrajina	UKR	1	1	1	1	1	1
Urugvaj	URY	4	4	4	4	4	4
Uzbekistan	UZB	6	6	6	6	6	6
Vanatu	VUT	7	0	0	7	0	0
Velika Britanija	GBR	2	0	0	1	1	1
Venezuela	VEN	4	4	4	4	4	4
Vietnam	VNM	6	6	6	6	0	0
Vzhodna Nemčija	GDR	0	0	0	1	1	1
Vzhodni Timor	TMP	0	6	0	6	0	0
Wales	WAL	2	1	1	1	0	0
Zahodna Nemčija	FRG	0	0	0	1	1	1
Zaire	ZAI	0	0	0	5	5	0
Zambija	ZMB	5	5	5	5	5	0
Zanzibar	ZAN	0	0	0	5	0	0
Združena arabska republika	UAR	0	0	0	5	0	0
Združene države Amerike	USA	3	3	3	3	3	3
Združeni Arabski Emirati	ARE	6	6	6	6	6	6
Zelenortski otoki	CPV	5	0	0	5	5	0
Zimbabve	ZWE	5	5	5	5	5	0

## B Kazala in viri v nogometu po državah in vrstah igralcev

Tabela B.1: Kazala in viri po vrstah igralcev

ISO	Vratarji		Obrambni		Vezni		Napadalci	
	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri
DZA	0.00001	0	0.09076	0	0.10553	0	0.08919	0
AGO	0.00089	0	0.02454	0	0.00518	0	0.01305	0
ARG	0.00958	0.00087	<b>0.26893</b>	0.01401	<b>0.32307</b>	0.00869	<b>0.49174</b>	0.03145
AUS	0.19221	0	0.13147	0.00112	0.18325	0.00009	0.07259	0.00636
AUT	0.00586	0.00448	0.03471	0.01003	0.03722	0.00849	0.05825	0.01226
BEL	0.00119	0.00145	0.04296	0.05922	0.03471	0.03759	0.07395	0.044
BOL	0	0	0.00036	0	0.00185	0	0.0014	0
BRA	0.07804	0.00036	0.22497	0.01674	0.21869	0.0166	<b>0.25428</b>	0.02828
BGR	0.00239	0.00009	0.02772	0	0.06319	0.00234	0.05884	0
CMR	0.01674	0	0.17797	0	0.14076	0	<b>0.24919</b>	0
CAN	0	0	0.00195	0.00552	0.0016	0	0.00313	0
CHL	0.0011	0	0.02938	0.00983	0.02678	0.00314	0.07361	0.00393
CHN	0	0	0.02221	0.00059	0	0	0.00706	0.01488
COL	0.00017	0.00129	0.00146	0.00699	0.01362	0.00493	0.07007	0.01167
CRI	0	0	0.00958	0	0.00023	0	0.04267	0
HRV	0.00172	0	0.13401	0	0.14482	0	0.10216	0
CYP	0	0	0	0.00183	0	0	0	0
CZE	0.06314	0	0.02857	0.00125	0.03815	0.00115	0.03685	0.00207
TCH	0.06289	0	0.00036	0	0.01413	0	0.01943	0

Tabela B.1: (nadaljevanje)

ISO	Vratarji		Obrambni		Vezni		Napadalci	
	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri
DNK	0.19367	0.00826	0.18824	0.01795	0.2168	0.02584	0.15656	0.01884
ECU	0	0	0.02225	0	0.00763	0.00173	0.02296	0.0025
EGY	0	0	0	0.00225	0.00234	0.00263	0	0.00047
SLV	0	0	0.00018	0	0.00694	0	0.01513	0
ENG	0.005	<b>0.99394</b>	0.00202	<b>0.81774</b>	0.03662	<b>0.79728</b>	0.02083	<b>0.60322</b>
FRA	0.06289	0.01663	<b>0.33561</b>	<b>0.24073</b>	<b>0.28027</b>	<b>0.20153</b>	0.18647	<b>0.26514</b>
DEU	0.06394	<b>0.04896</b>	0.06155	<b>0.27355</b>	0.05421	<b>0.23474</b>	0.07009	<b>0.19791</b>
GHA	0.06453	0	0.08698	0	0.10964	0	0.06905	0
GRC	0	0	0.0404	0.02803	0.01102	0.02319	0.01637	0.02669
GTM	0	0	0	0	0	0.00001	0	0
HND	0	0	0.02275	0	0.06024	0	0.0307	0
HUN	0.00089	0	0.0088	0.00475	0.01228	0	0.00252	0.00392
IRN	0	0	0.00958	0	0.03126	0	0.02118	0
IRQ	0	0	0	0	0	0	0	0
IRL	<b>0.32445</b>	0	<b>0.49476</b>	0	<b>0.44397</b>	0	<b>0.2756</b>	0
ISR	0	0.00482	0	0.01247	0	0.00141	0	0.00335
ITA	0	<b>0.04365</b>	0	<b>0.36956</b>	0.02114	<b>0.41575</b>	0.01513	<b>0.56602</b>
CIV	0.00155	0.00106	0.17528	0	0.05879	0.00263	0.12832	0
JAM	0	0	0.0212	0	0.06342	0	0.06508	0
JPN	0.06289	0	0.00074	0.01357	0.07493	0.02625	0.04617	0.03804
PRK	0	0	0	0	0.0007	0	0.00189	0
KOR	0	0	0.02971	0.00461	0.08381	0	0.06273	0
KWT	0	0	0	0	0	0.00014	0	0
MLI	0	0.00007	0	0	0	0	0	0
MEX	0	0.00077	0.02303	0.02143	0.01922	0.02598	0.15609	0.03678
MAR	0	0.00007	0.03971	0	0.054	0	0.06173	0
NLD	0.13188	0.00128	0.09654	0.0601	0.17485	0.10852	<b>0.29105</b>	0.10254
NZL	0	0	0.04308	0	0.0011	0	0.06501	0
NGA	0.00336	0	0.18308	0	0.09902	0	0.21639	0

Tabela B.1: (nadaljevanje)

ISO	Vratarji		Obrambni		Vezni		Napadalci	
	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri
NIR	<b>0.25157</b>	0	0.21312	0.00005	<b>0.27507</b>	0	0.17216	0
NOR	<b>0.25157</b>	0.00413	<b>0.22505</b>	0.01108	0.0581	0.00291	0.10838	0
PRY	0.00253	0	0.03808	0	0.0651	0	0.10724	0
PER	0	0	0	0	0.00026	0	0.00539	0
POL	0.13301	0.00439	0.04672	0	0.0519	0.00141	0.05848	0
PRT	0	0.0141	0.17777	0.04298	0.10307	0.06501	0.10434	0.0456
QAT	0	0	0	0.00179	0	0.00715	0	0.00901
ROM	0.00244	0.00034	0.04269	0	0.04424	0.00271	0.07485	0.00058
RUS	0.06903	0.004	0.02526	0.02079	0.04016	0.02382	0.047	0.01507
SAU	0	0	0	0.00077	0	0.00424	0	0
SCO	<b>0.31446</b>	<b>0.079</b>	<b>0.23316</b>	0.03905	0.24951	0.03261	0.21178	0.06243
SEN	0.00106	0	0.04368	0	0.04275	0	0.0473	0
SRB	0.06406	0.00009	0.08127	0.00357	0.05283	0.00386	0.01932	0.00142
SCG	0.00135	0.0002	0.0344	0	0.03596	0.00176	0.03976	0.00358
SVK	0.0053	0	0.07324	0	0.04349	0	0.00915	0
SVN	0.00579	0	0.04817	0	0.05308	0	0.09379	0
ZAF	0.00016	0.00021	0.12398	0	0.08835	0	0.05758	0
URS	0.0011	0	0.00642	0	0.02205	0	0.00128	0
ESP	0.12578	0.0174	0	<b>0.21359</b>	0.11673	<b>0.2616</b>	0.02152	<b>0.42398</b>
SWE	0.06525	0.01216	0.1539	0.00225	0.19271	0.00889	0.10498	0
CHE	0.00399	0.00043	0.12281	0.02842	0.12907	0.03197	0.05795	0.02099
TGO	0.00106	0	0.03029	0	0.01903	0	0.05936	0
TTO	0.13078	0	0.04363	0	0.05024	0	0.04824	0
TUN	0.0021	0.0001	0.05548	0	0.07561	0	0.06708	0.0022
TUR	0	<b>0.02113</b>	0.0212	0.03939	0.08158	0.05684	0.03532	0.02171
UKR	0	0.00011	0	0.00806	0.00126	0.01361	0.02725	0.00772
ARE	0	0	0	0.00341	0	0.00527	0	0
URY	0.00568	0	0.05511	0	0.11854	0.0058	0.23093	0
USA	<b>0.6949</b>	0	0.18364	0.00764	<b>0.24986</b>	0.00857	0.10992	0.01456

Tabela B.1: (nadaljevanje)

ISO	Vratarji		Obrambni		Vezni		Napadalci	
	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri	Kazala	Viri
WAL	0	0	0	0.00113	0	0	0	0
FRG	0	0.00008	0.03832	0.00692	0.00694	0.02192	0.06058	0.01797
YUG	0.00315	0	0.07119	0	0.06628	0	0.10047	0

# C Koda odjema šahovskih iger s spleta

Datoteka 'best' vsebuje seznam igralcev od najboljšega do najslabšega glede na trenutno uvrstitev na jakostnih lestvicah. Poleg tega v njej najdemo še trenutno jakost posameznega igralca in njegovo identifikacijsko številko.

```
#####
##### games8.R #####
## Opis: s tem programom odjemamo partije s spleta. Najprej nastavimo čas odjemanja partij. ##
## Recimo: ##
## ##
## months ← c("2012-03-01", "2012-05-01", "2012-07-01") ##
## ##
## Nato še za katere igralce bomo odjemali partije in iz katere 'best' datoteke naj bere ##
## igralce ter v datoteke naj zapiše partije in poročilo: ##
## ##
## makeGames(1:334162,months,"best_07_2012pop.txt","gamesNew1.txt","reportGames1.txt",FALSE)##
#####

# prebere začetni del
initial ← function(s,term) substr(s,1,regexpr(term,s[1])[1]-1)
trim ← function(s) sub('^ +',' ',sub(' +$','',s))
charSet ← function(z) union(substring(tolower(z),1:nchar(z),1:nchar(z)),NULL)
dist ← function(a,b) {
  ca ← charSet(a); cb ← charSet(b)
  return(length(union(setdiff(ca,cb),setdiff(cb,ca))))
}

# prebere spletno stran
readURL ← function(page,repo,save){
  e←NULL
  for(a in 1:1000){
    stran ← tryCatch(readLines(con←url(page),warn=FALSE),
      error = function(e) e,finally=close(con))
    ok ← class(stran)!="character"
```

```

    if(ok) return(stran)
    if (a<6) cat('\n*** class = ',class(stran),'\nretry ',a,':',date(),'\n',file=repo)
    if (a<10) {
        cat('\n*** class = ',class(stran),'\nretry ',a,':',date(),'\n')
        flush.console()
    }
    Sys.sleep(60)
}
cat("Problems on the Internet ...\nClosing",date(),'\n',file=repo)
cat("Problems on the Internet ...\nClosing",date(),'\n')
close(repo); close(save); stop("Too many retries")
}

games ← function(id,name,month,idents,players,bnum,save,repo,skip){
    url1 ← 'http://ratings.fide.com/individual_calculations.phtml?idnumber='
    url2 ← '&rating_period='
    stran ← NULL; stranVerify ← NULL;
    stran ← readURL(paste(url1,id,url2,month,sep=''),repo,save)
    Sys.sleep(1); stranVerify ← readURL(paste(url1,id,url2,month,sep=''),repo,save)
    if(length(stran)>0 && (length(stran)==length(stranVerify))){
# player
    i ← grep('<table bgcolor=#ffffff',stran,ignore.case=TRUE)[1]
    if (is.na(i)) {cat('Empty file\n',file=repo); return(NA)} else cat('\n',file=repo);
    p ← stran[i]
    l ← regexpr('nbsp;',p)
    il ← l[1]+attr(l,"match.length")[1]; ir ← regexpr('</b>',p)[1]-1
    player ← substr(p,il,ir)
    pdat ← get(id,env=idents,inherits=FALSE)
    pnam ← pdat$nam; pnum ← pdat$num
    if(name!=player){cat('Different names:',id,name,player,'\n',file=repo)}
    ro ← initial(unlist(strsplit(stran[i+2],'\&nbsp;'))[3], '</t')
    cat('P',id,pnam,ro,'\n',sep='=',file=save)
# tournaments
    j ← grep('event16=',stran[i:length(stran)],ignore.case=TRUE)
    for(k in 1:length(j)){
# tournament
        p ← stran[i+j[k]-1]
        l ← regexpr('event16=',p)
        il ← l[1]+attr(l,"match.length")[1]
        s ← unlist(strsplit(substr(p,il,nchar(p)),'\&nbsp;'))
        tcode ← initial(s[1], '&t'); ttitl ← initial(s[2], '</a')
        tplac ← initial(s[3], '</t'); tcoun ← initial(s[4], '</t')
        tdate ← initial(s[5], '</t')
        cat('T',tcode,ttitl,tplac,tcoun,tdate,'\n',sep='=',file=save)
# players list
        p ← stran[i+j[k]+2]
        r ← regexpr('#FFFFFF',p)
        if(r[1]<0) {cat('No games', player, tcode, tdate,'\n',file=repo); next}
        p ← substr(p,1,r[1]-1)

```

```

s ← unlist(strsplit(p,'absbottom>&nbsp;'))
# try to find players in the list
found ← TRUE; f ← logical(length(s))
for(m in 2:length(s)){
  test ← try(if(substr(s[m],1,1)=='<') next, silent=TRUE)
  if(inherits(test,"try-error")){
    cat('\n*** Error in tournir ',tcode,'\n')
    cat('\n*** Error in tournir ',tcode,'\n',file=repo)
    break
  }
  h ← regexpr('clr_',s[m-1]); afig ← 'NA'
  if(h[1]>0){
    hl ← h[1]+attr(h,"match.length")[1]; afig ← substr(s[m-1],hl,hl+1)}
  t ← unlist(strsplit(s[m], '<td class=list4 >'))
  aname ← trim(t[1]); aro ← trim(initial(t[4], '<'))
  acoun ← initial(t[5], '</t'); apts ← initial(t[6], '</t')
  ip ← 0; dp ← 0
  if(exists(aname,env=players, inherits=FALSE)){
    pdat ← get(aname,env=players, inherits=FALSE)
    aid ← pdat$id; anum ← pdat$num; f[m] ← TRUE
    if((anum<bnum)&&(anum<pnum)){if(skip) cat('',aname,'skipped\n',file=repo)
    } else cat('A',aname,aid,afig,aro,acoun,apts,'\n',sep=' ',file=save)
  } else found ← FALSE
}
if(found) next
# not all players names can be resolved using list
# use the additional tournir info
pag ← paste('http://ratings.fide.com/tournament_report.phtml?event16=',tcode,sep='')
str ← readURL(pag,repo,save)
ip ← grep('<b><font size=3>',str,ignore.case=TRUE)
sp ← unlist(strsplit(str[ip[1]], 'idnumber='))
jp ← regexpr('</a>',sp)
pp ← substr(sp,1,jp-1)[2:length(sp)]; ls ← length(pp)
ids ← matrix(unlist(strsplit(pp,'&r')),ncol=2,byrow=TRUE)[,1]
nms ← matrix(unlist(strsplit(pp,'>')),ncol=2,byrow=TRUE)[,2]
if(ls<1) next
for(m in 2:length(s)) if (!f[m]) {
# cat('*')
  test ← try(if(substr(s[m],1,1)=='<') next, silent=TRUE)
  if(inherits(test,"try-error")){
    cat('\n*** Error in tournir ',tcode,'\n')
    cat('\n*** Error in tournir ',tcode,'\n',file=repo)
    break
  }
  h ← regexpr('clr_',s[m-1]); afig ← 'NA'
  if(h[1]>0){
    hl ← h[1]+attr(h,"match.length")[1]; afig ← substr(s[m-1],hl,hl+1)}
  t ← unlist(strsplit(s[m], '<td class=list4 >'))

```



```

aname ← trim(t[1]); aro ← trim(initial(t[4], '<'))
acoun ← initial(t[5], '</t'); apts ← initial(t[6], '</t')
ip ← 0; dp ← 0
try(for (k in 1:ls) if (aname==nms[k]) {ip ← k; break}, TRUE)
if (ip==0){dp ← 100;
  for (k in 1:ls){D ← dist(aname, nms[k]); if (D<dp) {dp ← D; ip ← k}}
}
aid ← ids[ip]
if(dp>0) cat(' Diff names', aname, nms[ip], dp, ' assigned id', aid, '\n', file=repo)
if(dp>5) cat(' ***** very different\n', file=repo)
if(exists(aid, env=idents, inherits=FALSE)){
  pdat ← get(aid, env=idents, inherits=FALSE)
  anam ← pdat$nam; anum ← pdat$num
} else {
  inum <- inum+1; anum ← inum; anam ← aname
  cat(' Error - unknown A player', aname, aid, ' assigned', inum, '\n', file=repo)
  cat(anum, apts, 0, aid, anam, '\n', sep=' ', file=repo)
  assign(aid, list(num=anum, nam=aname), env=idents)
}
if((anum<bnum)&&(anum<pnum)){if(skip) cat('', anam, ' skipped\n', file=repo)
} else cat('A', anam, aid, afig, aro, acoun, apts, '\n', sep=' ', file=save)
}
}
} else cat("Napaka", id, sep=" ", "\n", file=save)
}
}

makeGames ← function(idx, months, bfile, sfile, rfile, skip=FALSE){
  cat(' FIDE: games, ver 7\n', date(), '\n\n Forming base of players\n'); flush.console()
  best ← readLines(con← file(bfile, "r")); close(con)
  repo ← file(rfile, "w")
  save ← file(sfile, "w")
  cat('% Games\n% started at, ', date(), '\n\n% Forming base of players\n', file=repo)
  idents ← new.env(hash=TRUE, parent=emptyenv())
  players ← new.env(hash=TRUE, parent=emptyenv())
  for(i in 2:length(best)){
    if(i %% 5000==0) {cat('. '); flush.console()}
    s ← unlist(strsplit(best[i], ','))
    if(exists(s[4], env=idents, inherits=FALSE)){
      pnm ← get(s[4], env=idents, inherits=FALSE)$nam
      cat('Error in data line ', i, ' duplicate id ', s[4], pnm, s[5], '\n', file=repo)
    } else {
      inum <- as.integer(s[1]); inam ← s[5]
      assign(s[4], list(num=inum, nam=inam), env=idents)
    }
    if(exists(s[5], env=players, inherits=FALSE)){
      pid ← get(s[5], env=players, inherits=FALSE)$id
      cat('Error in data line ', i, ' duplicate name ', s[5], pid, s[4], '\n', file=repo)
    } else {

```

```

    inum <- as.integer(s[1]); iid <- s[4]
    assign(s[5], list(num=inum, id=iid), env=players)
  }
}
cat('\nHarvesting games data\n'); flush.console()
cat('\n\n% Harvesting games data\n', file=repo)
inum <- length(best)-1; bnum <- idx[length(idx)]+1
for(i in idx) {
  s <- unlist(strsplit(best[i+1], '='))
  id <- s[4]; name <- s[5]
  cat(i, name, id, '\n', file=repo); cat(i, name, id, ': ');
  for(mo in months){
    cat(mo, '; ', file=repo); cat(mo, ' '); flush.console()
    games(id, name, mo, idents, players, bnum, save, repo, skip)
    flush(repo); flush(save)
  }
  cat('\n'); cat('\n', file=repo)
}
cat('% finished at, ', date(), '\n', file=repo)
close(save); close(repo)
}

```

# D Koda za izdelavo omrežja šahovskih iger

```
#####  
##### networks4.R #####  
## Opis: s tem programom pretvorimo partije iz games*.txt v Pajkovo obliko. Nastavimo 'best'##  
## po katerem bomo razporejali igralce in datoteko v katero bomo zapisali Pajkovo obliko ##  
## omrežja: ##  
## ##  
## networks("best_03_2012pop.txt","games_skupaj2.txt") ##  
## ##  
#####  
#####  
networks ← function(fbest,fgames){  
# forming base of players  
  cat('FIDE: networks\n\nForming base of players\n'); flush.console()  
  best ← readLines(con← file(fbest,"r")); close(con)  
  players ← new.env(hash=TRUE,parent=emptyenv())  
  net ← file("chess.net","w")  
  cat('*vertices ',length(best)-1,'\n',file=net)  
  for(i in 2:length(best)){  
    if(i %% 5000==0) {cat('. '); flush.console()}  
    s ← unlist(strsplit(best[i],','))  
    if(exists(s[4],env=players,inherits=FALSE)){  
      pnam ← get(s[4],env=players,inherits=FALSE)$nam  
      cat('\n Error in data line ',i,'duplicate id ',s[4],pnam,s[5],'\n')  
    } else {  
      assign(s[4],list(num=as.integer(s[1]),nam=s[5]),env=players)  
      cat(as.integer(s[1]),' ','',s[5],'\n',sep=' ',file=net)  
    }  
  }  
}  
# processing games  
tlist ← FALSE; pnam ← '*****'  
cat('\n\nProcessing players\n'); flush.console()  
cat('*arcs\n',file=net)  
base ← readLines(con← file(fgames,"r")); close(con)  
for(i in 1:length(base)){
```

```

s ← unlist(strsplit(base[i], '='))
if(s[1]=='%'){ cat('\n***',s[2],'\n'); next
} else if(s[1]=='P'){
  if(pnam!=s[3]){pnam ← s[3]; cat('Player ',pnam,'\n')}
  if(exists(s[2],env=players,inherits=FALSE)){
    pnum ← get(s[2],env=players,inherits=FALSE)$num
  } else {pnum ← 0
    cat(' Error in base line ',i,'unknown player ',s[2],s[3],'\n');
    flush.console()
  }
} else if(s[1]=='T'){
  if(tlist) cat(' Tournament ',s[3],'\n')
  t ← unlist(strsplit(s[6], '-'))
  ttime ← (as.integer(t[1])-2007)*12+as.integer(t[2])
} else if(s[1]=='A'){
  if(exists(s[3],env=players,inherits=FALSE)){
    anum ← get(s[3],env=players,inherits=FALSE)$num
  } else {anum ← 0
    cat(' Error in base line ',i,'unknown player ',s[3],s[2],'\n');
    flush.console()
  }
}
if(s[7]=='1.00'){
  if(s[4]=='wh'){cat(pnum,' ',anum,' 1 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else if(s[4]=='bl'){cat(pnum,' ',anum,' 2 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else cat(pnum,' ',anum,' 3 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else if(s[7]=='0.00'){
  if(s[4]=='wh'){cat(anum,' ',pnum,' 2 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else if(s[4]=='bl'){cat(anum,' ',pnum,' 1 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else cat(anum,' ',pnum,' 3 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else if(s[7]=='0.50'){
  if(s[4]=='wh'){cat(pnum,' ',anum,' 4 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else if(s[4]=='bl'){cat(anum,' ',pnum,' 4 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else cat(pnum,' ',anum,' 5 [' ,ttime,']\n',sep='',file=net)
} else cat(' Error in base line ',i,'nonregular points ',s[7],'\n')
} else cat('Error in base line ',i,'\n')
}
close(net); cat(date(),"\n")
}

```

# E Koda za izdelavo razbitij in vektorjev v omrežju šahovskih iger

```
#####  
##### properties1.R #####  
## Opis: s tem programom pretvorimo lastnosti igralcev iz players_list.txt v Pajkovo obliko.##  
## Dobimo razbitja in vektorje, opisane spodaj. Nastavimo 'best' ##  
## po katerem bomo razporejali igralce in pripadajoči players_list.txt: ##  
## ##  
## properties1("best_03_2010_pop.txt", "players_list_03_2010_pop.txt") ##  
## ##  
## POZOR: lahko se pojavijo nove države. Treba jih je dodati ročno! ##  
#####  
#####  
  
trim ← function(s) sub('^ +', '', sub(' +$', '', s))  
  
properties1 ← function(fbest, fplayers){  
  cat('FIDE: properties from Players list\n\n'); flush.console()  
  c ← "* AFG AHO ALB ALG AND ANG ARG ARM ARU AUS AUT AZE BAH BAN BAR BDI BEL  
  BER BHU BIH BLR BOL BOT BRA BRN BRU BUL CAM CAN CHI CHN CIV CMR COL CRC CRO  
  CUB CYP CZE DEN DOM ECU EGY ENG ESA ESP EST ETH FAI FID FIJ FIN FRA GAB GCI  
  GEO GER GHA GRE GUA GUY HAI HKG HON HUN INA IND IRI IRL IRQ ISL ISR ISV ITA  
  IVB JAM JCI JOR JPN KAZ KEN KGZ KOR KSA KUW LAT LAO LBA LIB LIE LTU LUX MAC  
  MAD MAR MAS MAW MDA MDV MEX MGL MKD MLI MLT MNC MNE MOZ MIRI MIN MYA NAM NCA  
  NED NEP NGR NOR NZL PAK PAN PAR PER PHI PLE PLW PNG POL POR PUR QAT ROU RSA  
  RUS RWA SAO SCO SEN SEY SIN SLE SLO SMR SOL SOM SRB SRI STP SUD SUI SUR SVK  
  SWE SYR THA TJK TKM TPE TRI TUN TUR UAE UGA UKR URU USA UZB VEN VIE WLS YEM  
  ZAM ZIM"  
  repo ← file("report.txt", "w")  
  repo1 ← file("report1.txt", "w")  
  stran ← readLines(con ← file(fplayers, "r"), warn=FALSE); close(con)  
  l ← length(stran) - 1; cat(l, 'players in Players list\n')  
  cl ← unlist(strsplit(c, ' '))  
  cid ← new.env(hash=TRUE, parent=emptyenv())  
  for(i in 1:length(cl)) assign(cl[i], i, env=cid)  
  pid ← new.env(hash=TRUE, parent=emptyenv())
```

```

for(i in 1:l){
  if(i %% 5000==0) {cat( '. '); flush.console()}
  a ← stran[i+1]
  if(a=='') {cat('*** empty line ',i,'\n'); next}
  id ← trim(substr(a,1,10))
  name ← trim(substr(a,11,44))
  title ← trim(substr(a,45,48))
  ititle ← 0
  if(title!='') {
    if(nchar(title)==2) {ititle ← 3; title ← substr(title,2,2)}
    ititle ← ititle + ifelse(title=='g',1,ifelse(title=='m',2,3))
  }
  country ← toupper(trim(substr(a,49,51)))
  if(country==""){
    icountry ← 0; cat(i, 'empty country field\n',file=repo)
  } else if(exists(country,env=cid,inherits=FALSE)){
    icountry ← get(country,env=cid,inherits=FALSE)
  } else {
    icountry ← 0; cat(i, 'unknown country ', country, '\n',file=repo)
  }
  birth ← trim(substr(a,65,68))
  if(birth=='') birth ← '0'
  flags ← trim(substr(a,71,73))
  iflags ← ifelse(flags=='',0,ifelse(flags=='i',1,ifelse(flags=='w',2,3)))
  rank ← trim(substr(a,52,57))
  if(rank=='') rank ← '0'
  if(exists(id,env=pid,inherits=FALSE)){
    pnm ← get(id,env=pid,inherits=FALSE)$nam
    cat('Error in players list ',i,' duplicate id ',id,pnm,name,'\n',file=repo)
  } else assign(id,list(nam=name,tit=ititle,cou=icountry,rat=rank,bir=birth,
    fla=iflags),env=pid)
}
cat('\nCreating property files in the order from base of players\n'); flush.console()
fid ← file("ident.nam","w"); nam ← file("name.nam","w")
tit ← file("titles.clu","w"); cty ← file("country.clu","w")
bth ← file("birth.clu","w"); flg ← file("flags.clu","w")
rnk ← file("rank.clu","w")
best ← readLines(con←file(fbest,"r")); close(con)
l ← length(best)-1; cat(l,' players in best file\n')
cat('*vertices ',l,'\n',file=fid); cat('*vertices ',l,'\n',file=nam)
cat('% - = 0, g = 1, m = 2, f = 3, wg = 4, wm = 5, wf = 6, NA = 7\n',file=tit)
cat('*vertices ',l,'\n',file=tit); cat('% Country codes:',file=cty)
for(i in 1:length(cl)) {if(i %% 10==1) cat('\n%',i,': ',file=cty); cat(cl[i],',',file=cty)}
cat('\n',file=cty)
cat('*vertices ',l,'\n',file=cty); cat('*vertices ',l,'\n',file=bth)
cat('% - = 0, i = 1, w = 2, wi = 3, NA = 4\n',file=flg)
cat('*vertices ',l,'\n',file=flg); cat('*vertices ',l,'\n',file=rnk)
cat('% FIDE: properties from Players list\n% started at,',date(),'\n\n',file=repo)

```

```

for(i in 2:length(best)){
  if(i %% 5000==0) {cat('.','); flush.console()}
  s ← unlist(strsplit(best[i],',')); id ← s[4]
  if(exists(id,env=pid,inherits=FALSE)){
    rec ← get(id,env=pid,inherits=FALSE)
    name ← rec$nam; ititle ← rec$tit; icountry ← rec$cou
    rank ← rec$rat; birth ← rec$bir; iflags ← rec$fla
  } else {
    cat('Missing player – best ',i,'id',id,s[5],'\n',file=repo)
    cat('','',id,',',',','\n',sep='',file=repo1)
    name ← s[5]; ititle ← 7; icountry ← 0
    rank ← '0'; birth ← '0'; iflags ← 4
  }
  cat(i-1,'','',id,'\n',sep='',file=fid)
  cat(i-1,'','',name,'\n',sep='',file=nam)
  cat(ititle,'\n',file=tit)
  cat(icountry,'\n',file=cty)
  cat(birth,'\n',file=bth)
  cat(iflags,'\n',file=flg)
  cat(rank,'\n',file=rnk)
}
close(fid); close(nam); close(tit); close(cty)
close(bth); close(flg); close(rnk); close(repo); close(repo1);
cat('\nFinished\n')
}

```