

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet organizacije i informatike Varaždin

Barbara Šlibar, Dragana Mlikota
Veličina i odrednice potencijalnog „odljeva mozgova“
studenata Sveučilišta u Zagrebu

Zagreb, 2016.

Ovaj rad izrađen je na Fakultetu organizacije i informatike pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Marine Klačmer Čalopa i Doc. dr. sc. Dijane Oreški i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2015/2016.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pregled prethodnih istraživanja	3
2.1. Istraživanja u Republici Hrvatskoj	3
2.2. Istraživanja na svjetskoj razini	4
3. Ciljevi i hipoteze istraživanja	9
4. Opis metodologija.....	11
4.1. Neuronske mreže	11
4.1.1. Arhitektura umjetnih neuronskih mreža.....	13
4.1.2. Algoritam širenja unatrag.....	14
4.1.3. Primjeri primjene neuronskih mreža	15
4.2. Analitički hijerarhijski proces	17
4.2.1. Metodološka osnova AHP metode	18
4.2.2. Matematička osnova AHP metode	21
4.2.3. Mjerenje konzistencije procjena.....	23
4.2.4. Prednosti i nedostaci AHP metode	25
5. Opis istraživanja	27
5.1. Opis skupa podataka.....	27
5.2. Karakteristike uzorka.....	34
6. Rezultati istraživanja	37
6.1. Prikaz odljeva mozga upotrebom neuronskih mreža.....	37
6.1.1. Proces izrade neuronske mreže	37
6.1.2. Analiza značajnosti ulaznih varijabli.....	39
6.1.3. Primjena modela.....	40
6.2. Primjena AHP metode	48
6.2.1. Softverski alat Expert Choice.....	48
6.2.2. Strukturiranje problema.....	49
6.2.3. Razvoj hijerarhijskog modela i uspoređivanje u parovima	50
6.2.3.1. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za biomedicinsko područje	50
6.2.3.2. Određivanje lokalnih prioiteta faktora za biotehničko područje	55
6.2.3.3. Određivanje lokalnih prioiteta faktora za društveno područje	60
6.2.3.4. Određivanje lokalnih prioiteta faktora za humanističko područje	67
6.2.3.5. Određivanje lokalnih prioiteta faktora za prirodoslovno područje	75
6.2.3.6. Određivanje lokalnih prioiteta faktora za tehničko područje	79

6.2.3.7. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za umjetničko područje.....	82
6.2.4. Uspoređivanje prioriteta faktora po znanstvenim područjima	90
7. Diskusija rezultata	98
8. Zaključak	105
9. Zahvale	106
10. Literatura	107
Sažetak	112
Summary	113

Popis slika:

Slika 1: Arhitektura umjetne neuronske mreže (Zekić-Sušac, 2000).....	13
Slika 2: Strukturirani model AHP metode (Izvor: Autori rada).....	19
Slika 3: Faktori koji utječu na „Procjenu stvarnog odlaska u inozemstvo“ (Izvor: Autori rada)	27
Slika 4: Procjena stvarnog odlaska u inozemstvo ispitanika po godini studija (Izvor: Autori rada).....	34
Slika 5: Procjena vlastite namjere odlaska u inozemstvo prema znanstvenom području studija (Izvor: Autori rada)	35
Slika 6: Preferirana zemlja odlaska prema području studiranja (Izvor: Autori rada)	36
Slika 7: Struktura modela neuronske mreže (Izvor: Autori rada)	38
Slika 8: Utjecaj nezavisnih varijabli na zavisnu varijablu „Procjena stvarnog odlaska u inozemstvo“ (Izvor: Autori rada)	40
Slika 9: Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – prva situacija (Izvor: Autori rada).....	41
Slika 10: Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – druga situacija (Izvor: Autori rada).....	41
Slika 11. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – treća situacija (Izvor: Autori rada).....	42
Slika 12. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – četvrta situacija (Izvor: Autori rada).....	42
Slika 13. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – peta situacija (Izvor: Autori rada)	43
Slika 14. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – šesta situacija (Izvor: Autori rada).....	43
Slika 15. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – sedma situacija (Izvor: Autori rada)	44
Slika 16. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – osma situacija (Izvor: Autori rada)	44
Slika 17. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – deveta situacija (Izvor: Autori rada)	45
Slika 18. Model procjene odlaska u inozemstvo za studente biomedicine i zdravstva (Izvor: Autori rada)	46
Slika 19. Model procjene odlaska za studente biotehničkih znanosti (Izvor: Autori rada).....	47
Slika 20: Hijerarhijska struktura problema odlučivanja (Izvor: Autori rada)	51
Slika 21: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada).....	52

Slika 22: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)	53
Slika 23: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada).....	53
Slika 24: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)	54
Slika 25: Procjena omjera relativnih važnosti kriterija za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)	55
Slika 26: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada).....	55
Slika 27: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)	56
Slika 28: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)	57
Slika 29: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)	57
Slika 30: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)	58
Slika 31: Procjena omjera relativnih važnosti kriterija za biotehničko područje (Izvor: Autori rada).....	58
Slika 32: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)	59
Slika 33: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)	76
Slika 34: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)	76
Slika 35: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)	77
Slika 36: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)	77
Slika 37: Procjena omjera relativnih važnosti kriterija za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)	78
Slika 38: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada).....	79
Slika 39: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada).....	79
Slika 40: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada).....	80
Slika 41: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada).....	80

Slika 42: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada)	81
Slika 43: Procjena omjera relativnih kriterija za tehničko područje (Izvor: Autori rada).....	81
Slika 44: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za tehničko područje (Izvor: Autori rada)	82
Slika 45: Utjecaj varijabli na „Procjenu stvarnog odlaska u inozemstvo“ (Izvor: Autori rada)	99
Slika 46: Utjecaj varijabli na preferiranu zemlju imigracije (Izvor: Autori rada).....	100
Slika 47: Lokalne težine privlačnih i potisnih faktora (Izvor: Autori rada).....	101
Slika 48: Globalne težine privlačnih i potisnih faktora (Izvor: Autori rada)	102

Popis tablica:

Tablica 1: Ključni utjecaji i osobni atributi relevantni za istraživanje (Prema: Kaliyati, 2009)	6
Tablica 2: Vjerojatnosti odljeva mozгова s obzirom na varijable i grupu ispitanika (Prema: Kaliyati, 2009).....	7
Tablica 3: Saatyeva ljestvica relativnih važnosti (Prema: Bonczek, Holsapple i Whinston, 1980).....	20
Tablica 4: Vrijednosti slučajnih varijabli (Prema: Dean i Sharfman, 1996).....	25
Tablica 5: Stvaran udio studenata po područjima Sveučilišta u Zagrebu i udio studenata po područjima na prikupljenom uzorku (Izvor: Autori rada).....	28
Tablica 6: Opisi i vrijednosti varijabli te distribucija odgovora (Izvor: Autori rada).....	28
Tablica 7: Fakulteti razvrstani u znanstvena područja (Izvor: Autori rada).....	33
Tablica 8: Pouzdanost i greška modela (Izvor: Autori rada).....	39
Tablica 9. Mjere kvalitete modela neuronske mreže za područje biomedicine i zdravstva (Izvor: Autori rada).....	46
Tablica 10. Mjere kvalitete modela za područje biotehničkih znanosti (Izvor: Autori rada) .	47
Tablica 11. Mjere kvalitete modela za područje tehničkih znanosti (Izvor: Autori rada).....	48
Tablica 12: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za društveno područje (Izvor: Autori rada).....	60
Tablica 13: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za društveno područje (Izvor: Autori rada).....	61
Tablica 14: Postupak određivanje omjera konzistencije za društveno područje - 1 (Izvor: Autori rada).....	62
Tablica 15: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za društveno područje (Izvor: Autori rada).....	63
Tablica 16: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za društveno područje (Izvor: Autori rada).....	64
Tablica 17: Postupak određivanje omjera konzistencije za društveno područje - 2 (Izvor: Autori rada).....	65
Tablica 18: Tablica odlučivanja kriterija za društveno područje (Izvor: Autori rada).....	66
Tablica 19: Usporedba kriterija za društveno područje (Izvor: Autori rada).....	66
Tablica 20: Postupak određivanje omjera konzistencije za društveno područje - 3 (Izvor: Autori rada).....	67
Tablica 21: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za humanističko područje (Izvor: Autori rada).....	68
Tablica 22: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za humanističko područje (Izvor: Autori rada).....	69

Tablica 23: Postupak određivanje omjera konzistencije za humanističko područje - 1 (Izvor: Autori rada)	70
Tablica 24: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za humanističko područje (Izvor: Autori rada).....	71
Tablica 25: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za humanističko područje (Izvor: Autori rada)	72
Tablica 26: Postupak određivanje omjera konzistencije za humanističko područje - 2 (Izvor: Autori rada)	73
Tablica 27: Tablica odlučivanja kriterija za humanističko područje (Izvor: Autori rada).....	74
Tablica 28:Usporedba kriterija za humanističko područje (Izvor: Autori rada)	74
Tablica 29: Postupak određivanje omjera konzistencije za humanističko područje - 3 (Izvor: Autori rada)	75
Tablica 30: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)	83
Tablica 31: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)	84
Tablica 32: Postupak određivanje omjera konzistencije za umjetničko područje - 1 (Izvor: Autori rada)	85
Tablica 33: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)	86
Tablica 34: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)	87
Tablica 35: Postupak određivanje omjera konzistencije za umjetničko područje - 2 (Izvor: Autori rada)	88
Tablica 36: Tablica odlučivanja kriterija za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)	89
Tablica 37: Usporedba kriterija za umjetničko područje (Izvor: Autori rada).....	89
Tablica 38: Postupak određivanje omjera konzistencije za umjetničko područje - 3 (Izvor: Autori rada)	90
Tablica 39: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)	91
Tablica 40: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)	92
Tablica 41: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)	93
Tablica 42: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za društveno područje (Izvor: Autori rada)	94
Tablica 43: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za humanističko područje (Izvor: Autori rada)	95
Tablica 44: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za tehničko područje (Izvor: Autori rada)	96

Tablica 45: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)	97
--	----

1. Uvod

Današnji poslovni sustavi izloženi su brojnim rizicima od kojih najveći proizlaze iz njih samih. Pojam migracija podrazumijeva sve promjene vezane uz stalno mjesto stanovanja, uključuje preseljenja koja su privremenog ili trajnog karaktera unutar ili izvan administrativnih granica. Na temelju motivacijskih, vremenskih i prostornih kriterija nalazimo sljedeće tipove migracija: ekonomske, političke, privremene, trajne, vanjske i unutrašnje (Heršak, 1985). Prema tome razlikujemo migracije s obzirom na uzrok nastanka, obuhvaćen prostor te vremensko trajanje. Možemo reći da se sve spomenute migracije kreću prema kontinentalno odnosno regionalno bogatijim te razvijenijim zemljama.

Pojavom globalizacije, prostorno kretanje stanovništva postaje vrlo važan faktor koji oblikuje globalnu ekonomiju. Mnogi znanstvenici te zastupnici ekonomske politike ne mogu još uvijek jednoznačno ustanoviti kakav utjecaj imaju imigracije (useljavanje) na domaće tržište rada kao i na zaposlenike. Razlog tome je takav zbog nedostatka podataka odnosno manjkave statističke osnove koja se odnosi upravo na migracijske procese. Utvrđivanje utjecaja migracije na tržište rada je teško, a podaci se često ne mogu usporediti. Navedeni problem javlja se zbog načina bilježenja demografske statistike jer se primjerice kao faktor ne uzima zemlja rođenja već nacionalnost (Penava, 2011).

Dva faktora u kojima se očituju razlike među nekadašnjim i današnjim vanjskim migracijama su selektivnost i masovnost. Selektivnost kod odljeva mozgova se smanjila, na način da današnji emigranti nisu samo najvrsniji znanstvenici već i oni prosječni. S obzirom na masovnost danas je emigracija masovna pojava, za razliku od nekad kada su se samo rijetki pojedinci odlučivali na taj korak.

Prema podacima vezanim uz vanjske migracije (preseljenje osoba iz jedne u drugu državu) Državnog zavoda za statistiku u 2014. godini u Republiku Hrvatsku se doselilo 10 638 osoba, a odselilo se 20 858. Na temelju dostupnih podataka uočavamo da broj odseljenih u inozemstvo ima trend rasta odnosno možemo uočiti da broj osoba koja odlaze iz RH iz godine u godinu raste. Najviše odseljenih osoba u 2014. godini ukoliko gledamo članice Europske unije bilo je u Njemačku i Austriju.

Upravo je odljev mozgova (eng. brain drain) jedan specifičan oblik migracije stanovništva. On predstavlja odlazak visokoobrazovanog stanovništva (stručnjaka, znanstvenika i intelektualaca) iz pojedine zemlje. (Šverko, 2004). Kao i u svijetu, tako i u Hrvatskoj kao

jedna posljedica problema nezaposlenosti javlja se odljev mozgova. Ovaj oblik migracije ima vrlo negativan čak i poguban učinak na društvo u kojem se javlja. Visokoobrazovano stanovništvo svojim znanjem i radom doprinosi razvoju zemlje i životnom standardu te njegov odlazak imati negativan utjecaj na zemlju iz koje odlazi. Odlazak takvog stanovništva utječe na usporavanje, a u nekim slučajevima i na nazadovanje privrede zemlje iz koje osobe odlaze. Visokorazvijene zemlje u kojima dobitak od imigracije nadmašuje pomoć koju te zemlje pružaju nerazvijanima nazivamo imigracijskim zemljama. One zemlje koje emigraciju odnosno iseljavanje nadoknađuju imigracijom predstavljaju emigracijsko – imigracijska područja. Zemlje iz kojih se najviše iseljavaju visokoobrazovani stručnjaci, znanstvenici i intelektualci su srednje razvijene te nerazvijene zemlje (Prpić, 1989). Prema *Global Competitiveness Index*-u World Economic Forum-a koji ocjenjuje konkurentnost zemalja na temelju produktivnosti i prosperiteta, Hrvatska je na 77 mjestu od 140 zemalja. Indeks se računa na temelju 12 kriterija i 114 podkriterija. Jedan od kriterija je "efikasnost tržišta rada", kojem pripada podkriterij "sposobnost zemlje da zadrži kvalitetan kadar", a prema tome Hrvatska se nalazi na lošem 134. mjestu.

Odljev mozgova aktualna je tema, ali i veliki problem u RH. Na mnogim web portalima u zadnje vrijeme su sve češće teme vezane uz to kako spriječiti odljev mozgova te je li on postao nezaobilazna svakodnevnica. Duić (2015) pod temom „Odljev mozgova postao je naša stvarnost“ stavlja naglasak na ozbiljnost problema s kojima se RH suočava upravo zbog odljeva mozgova. Navodi kako visokoškoloovane mlade osobe odlaze zbog loše gospodarske situacije, sve manjeg ulaganja u obrazovni sustav te zbog osjećaja bezperspektivnosti kojim su okružene. Stopa nezaposlenosti mladih u Hrvatskoj iznosi 40% što nas svrstava na drugo mjesto na europskoj ljestvici. Procjena stope odlaska obrazovanog stanovništva iznosi 29,4%. Uz porazne statističke podatke navedeni su i razlozi zbog kojih se osobe odlučuju na odlazak u inozemstvo. Kao najčešći razlozi odlaska navode se financijska stabilnost, bolji životni standard te stručno usavršavanje. Spomenute su i poticajne mjere kojima se nastoji zadržati mlade osobe u RH. Jedna od poticajnih mjera jest povećanje novčane pomoći za nezaposlene osobe uključene na stručno osposobljavanje na rad bez zasnivanja radnog iskustva, koja je stupila na snagu 1. siječnja 2015.

2. Pregled prethodnih istraživanja

U ovom poglavlju dajemo pregled prethodnih istraživanja na temu odljeva mozgova. Dosad su napravljena četiri slična istraživanja u Republici Hrvatskoj te nekoliko istraživanja na svjetskoj razini. Osim Hrvatske, ovdje prikazujemo rezultate istraživanja provedenih u Litvi, Rumunjskoj, Italiji, Novom Zelandu i Ugandi.

2.1. Istraživanja u Republici Hrvatskoj

Šverko (2004) u svom istraživanju provedenom na 13 fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Akademiji likovnih umjetnosti, Arhitektonskom fakultetu, Edukacijsko-rehabilitacijskom fakultetu, Ekonomskom fakultetu, Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Filozofskom fakultetu, Hrvatskim studijima, Kineziološkom fakultetu, Medicinskom fakultetu, Pravnom fakultetu, Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Šumarskom fakultetu i Tekstilno-tehnološkom fakultetu) ispituje namjeru odlaska u inozemstvo. Podaci su prikupljeni anketom na uzorku od 553 ispitanika. Anketni upitnik ispitivao je slijedeće: namjeru odlaska u inozemstvo, socioekonomski status ispitanika, ispitanikovu percepciju situacije u Hrvatskoj, uspješnost u studiju i željeni stupanj obrazovanja, ispitanikove vrijednosti, procjenu mogućnosti ostvarenja tih vrijednosti ostankom u Hrvatskoj i odlaskom u inozemstvo te neke opće informacije o ispitaniku (Šverko, 2004). Na pitanje razmišljaju li o odlasku u inozemstvo, potvrdno je odgovorilo čak 75,3% ispitanika. Na pitanje o procjeni vjerojatnosti odlaska, samo 8,6% ispitanika odgovorilo je da je ona velika, a 59,20% da je njihova vjerojatnost odlaska u inozemstvo nikakva ili mala. Faktore koji utječu na razlog odlaska grupiraju u potisne (eng. push) ili privlačne (eng. pull). Studenti kao glavne potisne razloge zbog kojih bi napustili zemlju navode: veću plaću i riješeno stambeno pitanje, školovanje i usavršavanje, upoznavanje svijeta, pronalaženje posla, napredovanje i razvoj karijere, bolje životne uvjete i bolju perspektivu za budućnost.

Golub (2003) provodi istraživanje putem upitnika o profesionalnom i društvenom položaju mladih znanstvenika krajem 1998 (Golub, 2003). Rezultati istraživanja govore da 63,3% znanstvenog pomlatka (istraživača do 35 godina) razmišlja kako bi pod određenim uvjetima, kada bi im se ukazala takva prilika, napustilo sadašnje zaposlenje i otišlo živjeti i raditi u inozemstvo. Kao razlozi odlaska ispitanika navode se: mala plaća i riješeno stambeno pitanje, neriješeno stambeno pitanje i općenito nizak životni standard, bolji uvjeti znanstvenog rada i stvaralaštva u inozemstvu, loš položaj znanosti i znanstvenika u našem društvu, veće

možnosti napredovanja i afirmacije u inozemnoj znanstvenoj sredini te općenito nezadovoljavajuće društvene, ekonomske i političke prilike u nas.

Mlikota (2003) je ispitala namjeru odlaska studenata Visoke škole Virovitica. Istraživanje je provedeno na uzorku od 196 ispitanika. Na pitanje o procjeni vjerojatnosti odlaska 21% ispitanika odgovorilo je da je velika ili apsolutna, a njih 36% da je nikakva ili mala. Najveći postotak ispitanika (42%) smatra kako je vjerojatnost odlaska srednja. Kao najvažnije razloge za odlazak ispitanici su naveli: veću plaću i riješeno stambeno pitanje (15%), bolje životne uvjete (14%), pronalaženje posla (13%), bolju perspektivu za budućnost (11%), dok su nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizmom razlozi za koje se opredijelilo 5% ispitanika. Većina ispitanih studenata (18%) kao razlog ostanka navodi obitelj, roditelje i djevojku/dečka, a 17% ih navodi kako bi ostali u Republici Hrvatskoj zbog prijatelja i društvenih veza. U RH zbog ljubavi prema zemlji ostalo bi 11% ispitanih. Najpoželjnija država kao destinacija imigracije jest Njemačka po mišljenju 26% ispitanih studenata. Slijede je Kanada (16%), Australija (13%) te SAD (12%).

Pifat-Mrzljak i suradnici (2006) su proveli istraživanje na nekoliko fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na način da su prikupili podatke od pojedinih fakulteta, kontaktirali studente telefonom ili e-mailom te ispitali da li su njihovi kolege napustili zemlju nakon diplome. U analizi rezultata ukazuju na nepostojanje politike za mlade kao ključni razlog odlaska.

2.2. Istraživanja na svjetskoj razini

Pregledom dostupne literature, utvrdili smo da je najveći broj istraživanja na temu odljeva mozгова proveden na studentima medicinskih fakulteta i to u afričkim i azijskim zemljama.

Kizito i suradnici (2015) su istražili namjere studenata završne godine medicine da nakon što diplomiraju napuste zemlju, kao i faktore koji utječu na namjeru. Uganda je zemlja koja ima jednu od najviših stopa plodnosti i stopu rasta stanovništva te su joj prijeko potrebni osposobljeni zdravstveni djelatnici. Podaci su prikupljeni u akademskoj godini 2012/2013. Istraživanje je provedeno nad 251 studentom medicine završne godine sa Makerere University College of Health sciences (skraćeno MakCHS), Mbarara University of Science and Technology (skraćeno MUST), Gulu i Kampala International University (skraćeno KIU). Na svakom sveučilištu istraživanje je provedeno metodom intervjuja. Utvrđeni su demografski podaci, razlozi za napuštanje zemlje i zdravstvenog sektora te ciljanja odredišta onih koji su odlučili napustiti zemlju. 54,2% ispitanika percipira svoj socio-ekonomski status kao niža srednja klasa, 33,7% kao viša srednja klasa, 8,8% smatra se siromašnima te se 3,2%

izjašnjava kao visoka klasa. Na MakCHS 40% studenata ima namjeru napustiti Ugandu po završetku studija, dok 60% planira ostati u Ugandi. Na MUST 48% studenata odlučilo je napustiti Ugandu nakon stjecanja diplome, a njih 52% odlučilo je ostati u zemlji. Postotak studenta završne godine medicine na Gulu koji namjeravaju napustiti Ugandu iznosi 42%, a njih 58% misli ostati u zemlji. Namjera odlaska na KIU slična je kao i na MUST, i iznosi 54% za odlazak iz Ugande i 46% za ostanak u Ugandi. Od ukupno 251 ispitanika njih 112 (44,6%) ima namjeru napustiti Ugandu nakon stjecanja diplome. Važno je za napomenuti da su neki od studenta naveli više od jednog razloga za ostanak/odlazak. Redoslijed faktora za ostanak u Ugandi nakon završetka studija po važnosti je: poticaj državnim stipendijama (41,7%), dug proces emigracije (36%), visoki troškovi u inozemstvu (33,1%), nedostatak obiteljske podrške (29,5%), rasizam u inozemstvu (27,3%) i zadovoljstvo radnim uvjetima (12,2%). Ispitivanjem je dobivena slijedeća važnost faktora za odlazak u inozemstvo: veća plaća u inozemstvu (75%), nastavak školovanja/usavršavanje (58%), dobri radni uvjeti (53,6%) i politička stabilnost (36,6 %). Studija je pokazala kako je bez obzira na potrebu zdravstvenih djelatnika u Ugandi, visok udio ispitanika odlučio napustiti svoju profesiju ili emigrirati iz Ugande po završetku studija. Kao vrlo važan faktor koji utječe na odluku ispitanika da napusti Ugandu je visina plaće.

Kao jedan od značajnih radova koji se bave istraživanjem cirkulacije mozгова (eng. *brain circulation*), ističe se rad Kaliyatia iz 2009.godine. Odljev mozgovа zajedno sa cirkulacijom mozgovа (ili razmjenom intelektualnog kapitala) ima značajan utjecaj na gospodarski rast Novog Zelanda. U istraživanju se ispituju ekonomski i ne-ekonomski čimbenici koji utječu na odluku pojedinca o ostanku odnosno odlasku na/iz Novog Zelanda. Podaci su prikupljeni anketom na studentima završnih godina preddiplomskog i postdiplomskog studija na Lincoln University-u. Ključni pronalasci provedene studije pružaju nova znanja koja su korištena za diskusiju o politici. Istraživanje je bilo usmjereno na tri glavna faktora (vladu, poslovnu zajednicu i studente) prilikom adresiranja i analiziranja problema odljeva i cirkulacije mozgovа Novog Zelanda. Primarni cilj istraživanja bio je pružanje novih znanja savjetnicima vladine politike i poslovnoj zajednici, koja se tiču specifičnih čimbenika koji utječu na to da li će građani Novog Zelanda po završetku trogodišnjeg studija ostati živjeti i raditi na Novom Zelandu. Sekundarni cilj bio je grupirati i predložiti buduće promijene u politici koje mogu poboljšati trenutnu situaciju Novog Zelanda vezano uz odljev mozgovа te cirkulaciju mozgovа. Podaci su prikupljeni na uzorku od 108 studenata Lincoln University-a, koji predstavljaju budući novozelandski visokoobrazovni kadar (7 studenata druge godine

trogodišnjeg studija, 63 studenta zadnje godine preddiplomskog studija, 18 studenata postdiplomskog studija, 19 studenata diplomskog studija i 1 student doktorskog studija). Svi studenti koji planiraju otići iz Novog Zelanda na duže od godinu dana interpretiraju se kao odljev mozgova. Studenti su grupirani u tri grupe: (1) studenti koji planiraju otići iz Novog Zelanda nakon što diplomiraju (vjerojatnost namjere odlaska u inozemstvo je 12%, dok je vjerojatnost ostanka 88%), (2) mladi neoženjeni studenti koji planiraju otići iz Novog Zelanda nakon što diplomiraju (vjerojatnost namjere odlaska u inozemstvo je 24%, dok je vjerojatnost ostanka 76%), (3) mlade neudate studentice koje planiraju otići iz Novog Zelanda nakon što diplomiraju (vjerojatnost namjere odlaska u inozemstvo je 5%, dok je vjerojatnost ostanka 95%).

Tablica 1: Ključni utjecaji i osobni atributi relevantni za istraživanje (Prema: Kaliyati, 2009)

	KATEGORIJE	NEZAVISNE VARIJABLE
EKONOMSKI UTJECAJ	monetarni utjecaji	- plaća - ekonomska politika rasta
	poslovni utjecaji	- zapošljavanje/zadržavanje zaposlenika/upravljanje osobljem - inovacije i izazovi - profesionalnost - razvoj karijere (financijski utjecaj i dobit)
	utjecaji vlade	- imigracijska politika - socijalna politika - porezi i naknade - studentski dug i politika vraćanja duga
NE-EKONOMSKI UTJECAJ	utjecaji načina života	- vrijeme i klima - način života na Novom Zelandu - gustoća naseljenosti - obiteljske veze - razvoj karijere (samozadovoljstvo)
POJEDINČEVA OBILJEŽJA	osobni utjecaji	- dob - spol - bračni status

Studija je pokazala da su mladi neoženjeni muškarci spremniji nakon završetka studija otići živjeti i raditi u inozemstvo od mladih neudatih studentica. Pošto je u ovom istraživanju spol važna varijabla prema kojoj se razlikuju namjere studenata, spol je uključen i u naše istraživanje.

**Tablica 2: Vjerojatnosti odljeva mozгова s obzirom na varijable i grupu ispitanika
(Prema: Kaliyati, 2009)**

OPIS VARIJABLI	PRVA GRUPA (srednje vrijednosti)	DRUGA GRUPA (srednje vrijednosti)	TREĆA GRUPA (srednje vrijednosti)
1. povećanja percepcije da trenutni novozelandski način zapošljavanja nije dobar dovodi do...	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 21,2% (sa 12,4% na 33,6%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 35,3% (sa 23,6% na 58,9%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 9,7% (sa 5,3% na 15%)
2. povećanja duga studentskog kredita dovodi do...	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 19,4% (sa 12,4% na 31,8%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 32,2% (sa 23,6% na 55,8%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 8,9% (sa 5,3% na 14,2%)
3. povećanja percepcije da je rad preko mora važan za razvoj karijere dovodi do...	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 16% (sa 12,4% na 28,4%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 26,6% (sa 23,6% na 50,2%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 7,3% (sa 5,3% na 12,6%)
4. povećanja percepcije da su novozelandski poslovi manje plaćeni nego australski poslovi dovodi do...	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 14,6% (sa 12,4% na 27%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 24,3% (sa 23,6% na 47,9%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 6,7% (sa 5,3% na 12%)
5. povećanja percepcije da novozelandska poslovna klima – izazov, inovacija, populacija i plaće nisu dobri dovodi do...	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 6,8% (sa 12,4% na 19,2%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 11,3% (sa 23,6% na 34,9%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 3,1% (sa 5,3% na 8,4%)
6. povećanja percepcija da novozelandski stil života i socio-ekonomska politika za brigu o djetetu dovodi do...	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 2,7% (sa 12,4% na 15,1%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 4,5% (sa 23,6% na 28,1%)	Povećanje vjerojatnosti odljeva mozgov za 1,3% (sa 5,3% na 6,6%)

Vidljivo je da je najutjecajniji faktor percepcija novozelandske politike zapošljavanja. Primijećeno je kako je znatno veća osjetljivost muškaraca na taj faktor. Drugi najutjecajniji faktor je studentski dug što ima znatne implikacije na politiku novozelandske vlade.

Kazlauskienė i Rinkevičius (2006) ispituju uzroke odljeva mozgova u Litvi. U istraživanju prikazuju kako potisni i privlačni faktori utječu na migracije obrazovanih stanovnika Litve. Podatke su prikupili upitnikom provedenim među visoko obrazovanim Litvancima koji žive u inozemstvu. Metodom „snježne grude“ su prikupili 416 odgovora koje su koristili u analizi. Rezultati Wilcoxon testa pokazuju da privlačni faktori značajnije utječu na odljev mozgova. Autori identificiraju četiri grupe faktora migracija: profesionalnu atrakciju, socio-ekonomski status u Litvi, akademski sustav i suradnju, makroekonomski status zemlje i vladinu politiku.

Docquier i Rapoport (2011) ispituju fenomen odljeva mozgova i istražuju determinante odlaska u inozemstvo pregledom literature u periodu od četrdesetak godina. Fokus stavljaju na tri primjera odljeva mozgova: liječnika u Africi, znanstvenika u Europi te IT stručnjaka u Indiji. Mala ulaganja u znanost u većini europskih zemalja navodi se kao glavni uzrok odlaska europskih znanstvenika. Primjeri su iz različitih znanstvenih područja, ali je svima zajednička visoka razina napuštanja zemlje.

Boncea (2015) ispituje liječnike školovane u Rumunjskoj s međunarodnim iskustvom o razlozima odlaska i mogućnostima da se vrate. Rezultat rada je instrument za kreatore politike u zdravstvenom sustavu te pregled područja u kojima se može doći do napretka.

3. Ciljevi i hipoteze istraživanja

Opći cilj istraživanja je analizirati veličinu (osobnu procjenu) i uzroke potencijalnog odljeva mozgovih studenata Sveučilišta u Zagrebu. Specifični ciljevi istraživanja su: (1) utvrditi koji faktori najviše utječu na odlazak u inozemstvo studenata Sveučilišta u Zagrebu, (2) utvrditi koje su im preferirane zemlje imigracije ovisno o znanstvenom području i socio-ekonomskom statusu, (3) utvrditi razlike u prioritetima (važnostima) potisnih i privlačnih faktora ovisno o znanstvenom području.

Iz definiranih ciljeva, proizlaze slijedeće hipoteze rada.

Hipoteza H1: Znanstveno područje utječe na procjenu stvarnog odlaska u inozemstvo i preferiranu zemlju.

Ova pretpostavka motivirana je zaključcima Barucha, Budhwara i Khatrija koji kao glavno ograničenje svog istraživanja o odljevu mozgovih navode specifičnu populaciju: studente menadžmenta te kao smjernice za buduća istraživanja daju potrebu za ispitivanjem studenata različitih područja (Baruch, Budhwar i Khatri, 2007).

Hipoteza H1 će se testirati izradom neuronskih mreža te provedbom analize osjetljivosti nad dobivenim modelom. Hipoteza će se prihvatiti ako varijabla „Područje studiranja“ bude u prvih osam varijabli (prva trećina varijabli) po utjecaju na izlaznu varijablu.

Hipoteza H2: Socio-ekonomski status studenta utječe na procjenu stvarnog odlaska u inozemstvo i preferiranu zemlju.

Ova pretpostavka temelji se na rezultatima istraživanja Kizita i suradnika iz 2015. godine koji su ispitivali namjere studenata medicine da napuste Ugandu nakon diplomiranja te utvrdili percipirani socio-ekonomski status kao najvažniji faktor odlaska iz zemlje (Kizito i sur., 2015).

Hipoteza H2 će se testirati izradom neuronskih mreža te provedbom analize osjetljivosti nad dobivenim modelom. Hipoteza će se prihvatiti ako varijabla „Percepcija socio-ekonomskog statusa“ bude u prvih osam varijabli (prva trećina varijabli) po utjecaju na izlaznu varijablu.

Hipoteza H3: Privlačni faktori su važniji od potisnih faktora za potencijalni odljev mozgovih Sveučilišta u Zagrebu.

Hipoteza H3 temelji se na istraživanju Todisca, Brandija i Tattola (2003) koji su utvrdili da su potisni faktori karakteristični za manje obrazovane emigrante, a da privlačni faktori više utječu na visoko obrazovane emigrante.

Hipoteza H3 će se testirati izradom AHP modela za svako znanstveno područje. Hipoteza će se prihvatiti ako će privlačni faktori imati veću težinu od potisnih fakotra kod većine znanstvenih područja Sveučilišta u Zagrebu.

4. Opis metodologija

4.1. Neuronske mreže

Koliko god da su današnja računala brza i postupci obrade podataka složeniji, ljudski mozak je taj koji još uvijek prednjači u količini obrade informacija. Stoga ne iznenađuje nastojanje čovjeka da u računalo ugradi imitaciju mozga odnosno sustav za obradu podataka koji će uspješno oponašati rad ljudskog mozga. Umjetne neuronske mreže predstavljaju model za obradu podataka koji posjeduje sposobnosti nalik ljudskima, poput učenja i mogućnosti izvođenja informacija na temelju podataka. Umjetne neuronske mreže oponašaju građu i način rada ljudskoga mozga, a najčešće su realizirane u obliku računalnog programa pomoću kojih se simulira njihov način rada.

Umjetne neuronske mreže pripadaju u inteligentne metode rudarenja podataka. U literaturi nalazimo različite definicije umjetnih neuronskih mreža. Neuronska mreža je međusobno povezana nakupina jednostavnih elemenata obrade, jedinica ili čvorova, čiji se načini djelovanja temelji na neuronima. Sposobnost obrade mreže je posljedica jačine veza među tim jedinicama, a postiže se kroz proces adaptacije ili učenjem iz skupa primjera za uvježbavanje“ (Gurney, 2001). „Umjetna neuronska mreža je međusobno povezana nakupina jednostavnih elemenata obrade, jedinica ili čvorova, čiji se rad temelji na načinu djelovanja neurona kod živih bića“ (Russell i Norvig, 2002).

Većina autora navodi pronalaženje skrivenih veza među podacima kao cilj neuronske mreže (npr. Zekić-Sušac, 2009). Umjetne neuronske mreže imaju sposobnost učiti na skupovima podataka te na taj način rješavaju probleme koji se teško rješavaju tradicionalnim pristupom. Svaka mreža je konfigurirana za određenu primjenu, kao što je prepoznavanje uzorka, govora ili klasifikacije podataka kroz proces učenja.

U nastavku će biti navedena i objašnjenja neka osnovna svojstva umjetnih neuronskih mreža prema Matić (2014):

- Paralelno distribuirana obrada podataka - za razliku od ostalih računskih modela, neuronske mreže prihvaćaju više ulaza paralelno i dobivene informacije obrađuju na distribuirana način. Drugim riječima, informacija spremljena u neuronsku mrežu raspodijeljena je na više računskih jedinica što je suprotno od spremanja podataka kod običnih metoda gdje je svaki podatak spremljen u svoj vlastiti memorijski prostor. Svojstvo raspodijeljenog spremanja informacija ima više prednosti. Jedna od njih je

redundantnost odnosno otpor na kvar. Redundantnost se može postići i kod klasičnih metoda, ali kod neuronskih mreža i ako dođe do uništenja nekog njenog dijela, ona će i dalje raditi.

- Učenje i adaptacija - svojstvo učenja i adaptacije neuronske mreže čini sposobnima obrađivati neprecizne i loše sačuvane podatke u nestrukturiranom obliku. Naučena neuronska mreža ima svojstvo poopćavanja kada se na njenom ulazu pojave podaci koji nisu bili u uzorku na temelju kojeg je mreža učila.
- Više varijabilni sustavi – umjetne neuronske mreže su po svojoj strukturi više varijabilne što ih čini lako primjenjivim za modeliranje, identifikaciju i upravljanje više varijabilnim procesima.
- Sklopovska implementacija - više je proizvođača razvilo specijalizirane sklopove za implementaciju neuronskih mreža koji omogućuju paralelnu distribuiranu obradu u stvarnom vremenu.
- Računska brzina umjetne neuronske mreže - određena je brojem matematičkih operacija pojedinog sloja, a ne čitave mreže. Svaki sloj može imati paralelnu građu odnosno svaki se neuron u sloju može promatrati kao lokalni procesor koji radi paralelno s ostalim neuronima.
- Veliki memorijski prostor - svaki pojedini neuron ima više sinaptičkih veza, a svakoj od njih je pridružen težinski koeficijent koji mora biti spremljen u memoriji. Povećanjem broja neurona u mreži memorijski zahtjevi rastu s kvadratom broja neurona.

Prednosti i nedostatke umjetnih neuronskih mreža navodimo u nastavku. Prema Matić (2014) umjetne neuronske mreže odlično predviđaju, ali iznimno loše objašnjavaju. Kao korisnici algoritama neuronskih mreža ne možemo objasniti način na koji je pojedini algoritam došao do rješenja jer je znanje o obradi podataka pohranjeno u obliku različitih težinskih koeficijenata. Upravo te koeficijente teško je predstaviti i objasniti čovjeku u obliku pravila.

Prednosti neuronskih mreža (Matić, 2014):

- uče na osnovu podataka,
- odlična moć predviđanja,
- bez obzira na složenost veze odlično rješavaju sve probleme kod kojih postoji odnos između ulaznih i izlaznih podataka,

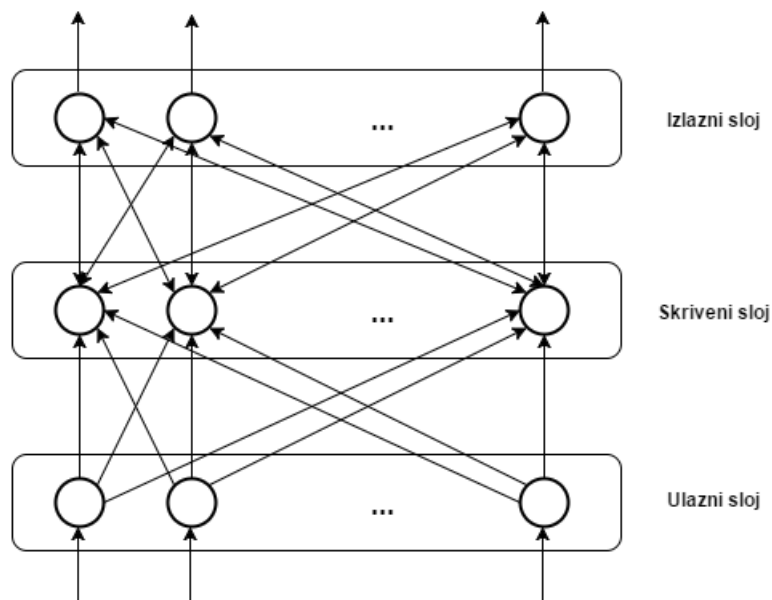
- mogućnost tolerancije nedostataka i smetnji (funkcionira i ako dođe do oštećenja dijela mreže),
- sposobnost generalizacije,
- rješavaju gotovo sve probleme bolje nego tradicionalne statističke metode,
- točnije su od ostalih statističkih metoda (posebno ako je problem slabo definiran ili nerazumljiv).

Nedostaci umjetnih neuronskih mreža (Matić, 2014):

- uspješno učenje zahtjeva velik broj podataka,
- imaju slabu moć objašnjavanja,
- ne mogu davati odgovore izvan raspona u kojem uče,
- troše mnogo vremenskih resursa prilikom treniranja,
- skupe su za proizvesti.

4.1.1. Arhitektura umjetnih neuronskih mreža

Najčešće korišteni algoritam neuronskih mreža je „algoritam širenja unatrag“. Zekić – Sušac (2009) ističe kako se optimalna neuronska mreža sastoji od jednog ulaznog, jednog izlaznog i jednog skrivenog sloja. Empirijski je dokazano, kako je jedan skriveni sloj dovoljan da obradi podatke koliko god su složeni (Refenes, Zapranis i Francis, 1994).



Slika 1: Arhitektura umjetne neuronske mreže (Zekić-Sušac, 2000)

Mreža treba uključiti optimizaciju greške, a na prethodnoj slici prikazana je arhitektura umjetne neuronske mreže s tri sloja. Prema Zekić – Sušac (2009) tok podataka kroz mrežu moguće je opisati u nekoliko koraka. Podaci u mrežu ulaze kroz ulazni sloj, odakle se prosljeđuju u skriveni sloj. Neuronu u skrivenom sloju primaju vagani ulaz i prenose ga u izlazni sloj koristeći prijenosnu funkciju. Kako informacije putuju kroz mrežu potrebno je računati sumirane ulaze i izlaze za svaki neuron (jedinicu obrade). U izlaznom sloju će se za svaki neuron računati skalirana lokalna greška koja se koristi za povećanje ili smanjenje težina veza između neurona. Optimizacija greške provodi se od izlaznog sloja unatrag na način da se za svaki sloj računa skalirana lokalna greška, povećanje ili smanjenje težina te se na taj način podešavaju težine.

4.1.2. Algoritam širenja unatrag

Kao što je prethodno napomenuto, podaci koji preko ulaznog sloja prelaze u skriveni sloj imaju ponderirane težine prema formuli (Zekić – Sušac, 2009):

$$I_j^{[s]} = \sum w_{ji}^{[s]} \cdot x_i^{[s-1]}$$

pri čemu $I_j^{[s]}$ predstavlja ulaz u neuron j u sloju s , a $w_{ji}^{[s]}$ predstavlja težinu veze od neurona j prema neuronu i (u sloju $s-1$). Jedinice u skrivenom sloju svoje ulaze prosljeđuju prema formuli (Zekić – Sušac, 2009):

$$x_j^{[s]} = f(\sum w_{ji}^{[s]} \cdot x_i^{[s-1]}) = f(I_j^{[s]})$$

gdje je $x_j^{[s]}$ izlaz neurona j u sloju s , a f je prijenosna funkcija.

Klepac (2001) opisuje dvije vrste prijenosnih funkcija, sigmoidnu i hiperboličnu tangencijalnu funkciju. Navodi kako je riječ o nelinearnim funkcijama čiji su rezultati također nelinearni. Kao razliku između tih dviju funkcija ističe da sigmoidna rezultira izlazima između -1 i 1 dok hiperbolična tangencijalna funkcija producira izlaze između 0 i 1. Nadalje, isti autor kao najčešće korištenu funkciju u praksi izdvaja sigmoidnu funkciju (tzv. S-funkcija) čija formula glasi:

$$S(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

U prethodnoj formuli x predstavlja rezultat sumarne funkcije produkta težinskih koeficijenata i ulaznih parametara.

Prema Zekić – Sušac (2009) u izlaznom sloju izlaz mreže uspoređuje se sa željenim (stvarnim) izlazom i određuje se globalna greška E kao:

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (d_k - x_k)^2 .$$

U formuli za određivanje globalne greške d_k predstavlja željeni (stvarni) izlaz, dok je x_k stvarni izlaz mreže, a k indeks izlazne komponente, tj. broj izlaznih jedinica. Svaka izlazna jedinica ima vlastitu lokalnu grešku e čiji je sirov oblik $(d_k - x_k)$, ali ono što se širi kroz mrežu je skalirana greška u obliku gradijent komponente:

$$e_k^{(x)} = -\partial E / \partial I_k^{(x)} = -\partial E / \partial x_k \cdot \partial x_k / \partial I_k = (d_k - x_k) \cdot f'(I_k) .$$

Minimiziranje globalne greške šireći je unazad kroz mrežu sve do ulaznog sloja predstavlja cilj učenja u neuronskoj mreži s algoritmom širenja unatrag. U procesu mijenjanja težina, svaka veza u mreži korigira se kako bi se postigla manja globalna greška. Proces povećanja ili smanjenja težina (učenje) izvodi se korištenjem pravila gradijentnog opadanja:

$$\Delta w_{ji}^{[s]} = -\eta \cdot (\partial E / \partial w_{ji}^{[s]})$$

pri čemu je η koeficijent učenja (Zekić – Sušac, 2009). Podešavanje težina izvodi se pomoću formule (Zekić – Sušac, 2009):

$$\Delta w_{ji}^{[s]} = \eta \cdot e_j^{[s]} \cdot x_i^{[s-1]}$$

4.1.3. Primjeri primjene neuronskih mreža

Umjetne neuronske mreže karakterizira mogućnost interpretacije rezultata obrade. „One su vrlo snažan alat, posebice kada je u pitanju prognostika trendova i predviđanje na temelju povijesnih podataka“ (Panian i Klepac, 2003). Prema Mandić (2012) umjetne neuronske mreže odlično rješavaju probleme klasifikacije i predviđanja kao i probleme grupiranja.

Danas se umjetne neuronske mreže primjenjuju u mnogim segmentima života poput ekonomije, medicine, financija, strojarstva, računarstva, geologije, fizike. Paliwar i Kumar (2009) rade pregled odnosno usporedbu upotrebe neuronskih mreža i tradicionalnih statističkih metoda koje se koriste za probleme predviđanja i klasifikacije. U svome radu spomenuti autori navode velik broj slučajeva upotrebe na području računovodstva i financija, zdravlja i medicine, inženjerstva i proizvodnje te marketinga.

U nastavku ćemo opisati primjere upotrebe neuronskih mreža na području računovodstva i financija. Fanning, Cogger i Srivastava (1995) razvijaju sustav za otkrivanje prijevара u menadžmentu uz upotrebu neuronskih mreža. Neuronska mreža daje bolje rezultate od prijašnjih modela koji su imali ugrađenu logičku analizu. Odom i Sharda (1990) rade usporedbu prediktivnih sposobnosti na području predviđanja rizika bankrota između neuronskih mreža i diskriminacijske analize. Pokazalo se da je neuronska mreža robusnija i ima bolje performanse od diskriminacijske analize.

Lee, Booth i Alam (2005) koriste nadzirane i nenadzirane neuronske mreže kako bi predvidjeli bankrot korejskih poduzeća. Zaključili su da neuronske mreže u odnosu na logističku regresiju imaju veću točnost predviđanja kada je dostupan ciljani vektor, čak i kada je skup podataka relativno mali. Spear i Leis (1997) razvijaju tri nadzirane neuronske mreže (opća, širenje unatrag, probabilistička) kako bi predvidjeli izbor računovodstvene metode u poduzećima koja se bave proizvodnjom i preradom nafte i plina. Ovdje je bitno naglasiti kako spomenuti istraživači nisu utvrdili da neuronske mreže imaju bolje performanse u odnosu na standardne statističke metode. Međutim, utvrdili su kako neuronska mreža temeljena na općoj regresiji ima znatno bolje rezultate od mreže temeljene na algoritmu širenja unatrag i probabilističke mreže.

Upotreba neuronskih mreža na području marketinga postaje popularna u novije vrijeme zbog svoje sposobnosti da utvrdi nelinearne veze između varijabli. Marketinška svrha neuronskih mreža pronalazi se u segmentaciji tržišta, predviđanju tržišnog odgovora, lansiranju novog proizvoda, predviđanju prodaje, predviđanju odabira kupca, itd.

West, Brockett i Golden (1997) za glavni cilj marketinškog istraživanja postavljaju predviđanje ponašanja. U tome slučaju neuronske mreže daju jednake ili bolje rezultate kada je riječ o podacima sa šumom u odnosu na diskriminacijsku analizu i logističku regresiju. Modeli neuronskih mreža za predviđanje ponašanja kupca i odabir na temelju podataka o proizvodu predstavljaju temelj za njihovu primjenu u ostalim marketinškim područjima primjene. Chiang, Zhang i Zhou (2006) istražuju stav kupca i njegovo ponašanje u odnosu na web i klasičnu trgovinu. Rezultati dobiveni uz pomoć neuronskih mreža imaju bolju sposobnost predviđanja od onih dobivenih logističkom regresijom.

Hruschka (1993) razmatra predviđanje tržišta na temelju podataka o potrošačkom brandu. Uspoređuje neuronske mreže i ekonometrijske modele uglavnom na temelju mjera pogreške.

Utvrđuje da neuronska mreža sa samo jednim skrivenim slojem bolje predviđa od linearne regresije.

Postoji cijeli niz programskih simulatora za neuronske mreže. Neki su od njih uspješni komercijalni programski proizvodi razvijeni kao zasebni moduli unutar složenih programskih sustava, kao što su Statistica, SAS, MatLab, Mathematica i drugi. Postoje i mnoge verzije simulatora neuronskih mreža koje su slobodno dostupne na Internetu (Čerić i Varga, 2004).

4.2. Analitički hijerarhijski proces

Odlučivanje je vrlo složen i dinamičan proces koji omogućava donositelju odluke (bilo organizaciji ili pojedincu) da postigne unaprijed definirani cilj. Kako bi započeo proces odlučivanja, nužno je postojanje potrebe za odlukom. Ta potreba za odlukom može nastati zbog postojanja želje ili interesa donositelja odluka, da postigne željeno stanje ili zbog postojanja pritiska na donositelja odluke. Kako pojedinci i organizacije svakodnevno trebaju donositi odluke, važno je da donesu one koje će biti od koristi za njih i/ili njihovu okolinu. Proces odlučivanja jest proces koji obuhvaća izbor među dvije ili više mogućih akcija te provedbu odabrane akcije (Barić, 2010). Ciljevi koji se žele postići odlukom, alternative koje mogu biti odabrane te kriteriji (i podkriteriji ukoliko postoje) koji će se koristiti kod odabira predstavljaju ključne elemente problema odlučivanja. Prilikom odlučivanja svi kriteriji nisu uvijek podjednako važni, već njihova relativna važnost proizlazi iz preferencija donositelja odluke, na što utječe njegov sustav vrijednosti i psihološke karakteristike. Dakle, kod izbora kriterija i određivanja njegove važnosti treba biti oprezan jer će konačna odluka u velikoj mjeri ovisiti o važnosti svakog od kriterija.

Proces odlučivanja sastoji se sljedećih koraka: prepoznavanje ciljeva odlučivanja, određivanje alternativa (inačica), određivanje kriterija i podkriterija (na temelju kojih se ocjenjuju alternative), vrednovanje dobivenih rezultata i odabir alternative najvećeg prioriteta.

Za uspoređivanje i rangiranje alternativa temeljem podataka iz tablica odlučivanja koriste se određene metode kod kojih pažnju treba usmjeriti i na prednosti koje neka alternative imaju u odnosu na ostale. Isto tako, kod tih metoda treba usporediti prednosti pojedine alternative sa njenim nedostacima te sve to prikazati jednim brojem (Lojen, 2015). Ukoliko se radi o kriterijima različitih težina, tada treba obratiti pažnju na težinu svakog kriterija. Metode za uspoređivanje i rangiranje alternativa u problemima odlučivanja zasnovane su na određenim pretpostavkama, koje se iskazuju matematički. Ukoliko se donositelj odluke odluči za jednu takvu metodu, kako bi shvatio načinjen model treba poznavati odgovarajuću matematičku

teoriju. Prema Cerovšeku (2014) najpoznatije takve metode su AHP (eng. Analytic Hierarchy Process), ELECTRE (eng. ELemination Et Choice Translating REality) i PROMETHEE (eng. Preference Ranking Organization METHods for Evaluation).

Analitički hijerarhijski proces (skraćeno AHP) je jedna od najpoznatijih metoda za višekriterijsko odlučivanje koju je krajem sedamdesetih godina 20. stoljeća razvio Thomas L. Saaty (Daft, 1992). Ona ima svoju primjenu u rješavanju složenih problema čiji su elementi ciljevi, kriteriji, podkriteriji i alternative (inačice). Hijerarhijski model složenog problema odlučivanja koji se primjenjuje u AHP metodi, vrlo je sličan načinu na koji ljudi intuitivno analiziraju složenije probleme te je to jedan od čimbenika koji AHP metodu čini toliko popularnom (Daft, 1997). Još jedan razlog uspjeha spomenute metode leži u tome što se može uspješno primjenjivati ako se i ne razumije njen matematički model te zbog toga ima široku primjenu u privatnom i javnom sektoru (Draft, 2001). O uspjehu AHP metode govori i činjenica da u svijetu postoje mnoge znanstvene konferencije posvećene toj metodi. Međunarodni simpozij o analitičkom hijerarhijskom procesu (eng. The International Symposium on the Analytic Hierarchy Process - ISAHP) održava se svake dvije godine te okuplja brojne istraživače, nastavnike i korisnike AHP i ANP metode (ISAHP, 2016). Sudionici simpozija okupljanju se kako bi upoznali druge s vlastitim istraživanjima i/ili podijelili iskustva u donošenju odluka.

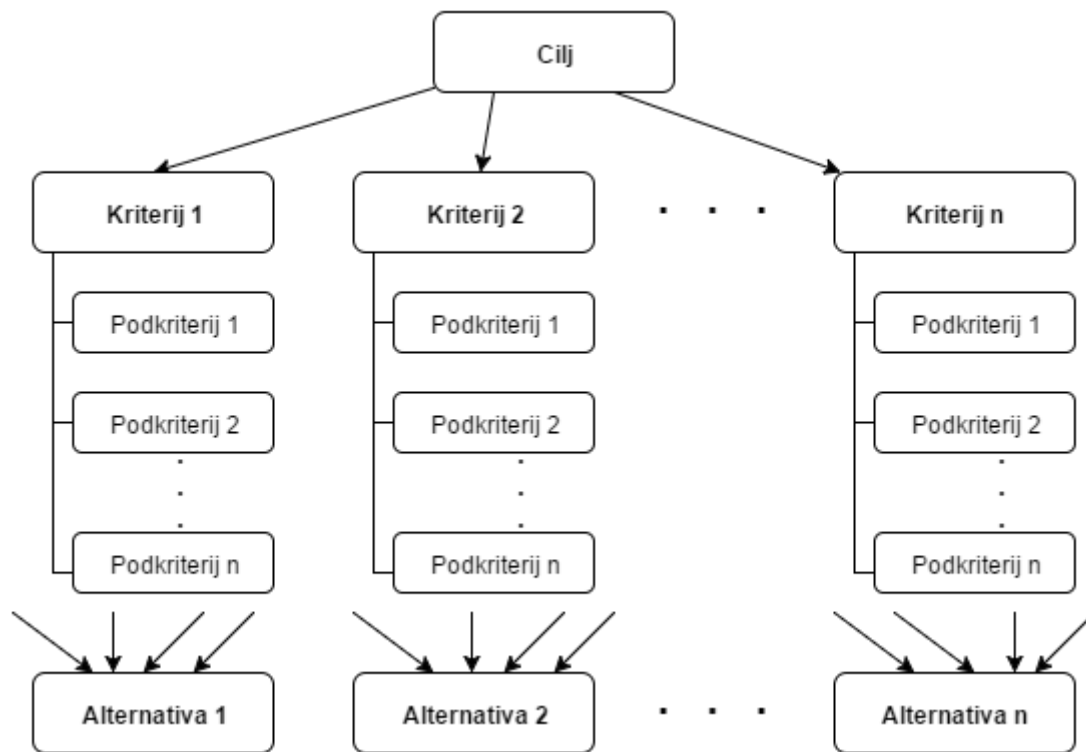
4.2.1. Metodološka osnova AHP metode

Prilikom strukturiranja problema i u procesu donošenja odluke, vrlo veliku ulogu ima AHP metoda. Njenom primjenom omogućeno je kreiranje hijerarhije problema koja se može koristiti kao priprema scenarija odlučivanja. Zatim slijedi uspoređivanje u parovima elemenata hijerarhije u top-down smjeru. Nakon toga, potrebno je obaviti sintezu svih uspoređivanja i po utvrđenom matematičkom modelu odrediti težinu koeficijenata svih elemenata hijerarhije. Zbroj težinskih koeficijenata elemenata na svakoj razini hijerarhije jednak je 1 što omogućava donositelju odluke rangiranje (po važnosti) svih elemenata hijerarhije (Begičević, 2008).

AHP metoda omogućava provođenje analize osjetljivosti pomoću koje se mogu simulirati važnosti kriterija (podkriterija) i promatrati nastale promjene u rangovima alternativa. Ona će omogućiti donositelju odluke da sagleda kako promjene ulaznih podataka utječu na izlazne rezultate.

U primjeni AHP metode, vrlo važnu ulogu ima provjera konzistentnosti procjena donositelja odluka (Majača, 2014). Konzistentnost se provjerava prilikom uspoređivanja elemenata hijerarhije u parovima pa sve do kraja procedure i dobivanja konačnih rezultata te se na taj način utvrđuje ispravnost dobivenih težina kriterija i prioriteta alternativa.

Gledano metodološki, rješavanje kompleksnih problema odlučivanja pomoću AHP metode temelji se na dekompoziciji tih problema u hijerarhijsku strukturu. Na vrhu hijerarhije nalazi se cilj, na nižim razinama nalaze se kriteriji (podkriteriji) te se na najnižoj razini nalaze alternative. Upravo su cilj, kriteriji (podkriteriji) i alternative elementi hijerarhijske strukture. Sa brojem kriterija i alternativa raste i složenost problema. Prilikom formiranja hijerarhije ne preporuča se više od 5 ± 2 elementa na jednoj razini (Begičević, 2008).



Slika 2: Strukturirani model AHP metode (Izvor: Autori rada)

Još jedna važna komponenta AHP metode jest matematički model. Pomoću njega izračunavaju se prioriteta elementa. Kako bi usporedili elemente u parovima na istoj razine hijerarhijske strukture, donositelji odluka koriste se subjektivnim procjenama. Broj usporedbi proporcionalan je kvadratu broja elemenata koji se uspoređuju te ukupno treba provesti $n \cdot (n - 1)/2$ usporedbi (Lojen, 2015). Cijeli postupak ponavlja se toliko dugo dok se na najnižoj razini n ne obave usporedbe svih alternativa u odnosu na nadređene podkriterije na prethodnoj (n-1) razini. Konačan rezultat prioriteta alternativa s obzirom na postavljene

cilj dobiva se pomoću matematičkog modela, što će kasnije biti detaljno opisano. Kako bi izrazili omjere važnosti kriterija koji nisu povezani sa jasnim i mjerljivim svojstvima, kao što su primjerice masa ili težina, T.L.Saaty je razvio ljestvicu za potrebu davanja takvih procjena. Ona se sastoji od pet stupnjeva i četiri međustupnja (Blenko, Mankins i Rogers, 2010). U tablici 3, u prvom stupcu nalaze se broježane vrijednosti omjera težina, u drugom su riječima izražene te vrijednosti omjera, dok su u trećem dana kratka obrazloženja tih intenziteta.

Tablica 3: Saatyeva ljestvica relativnih važnosti (Prema: Bonczek, Holsapple i Whinston, 1980)

Intenzitet	Definicija	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dva kriterija ili alternative koje jednako doprinose cilju.
3	Umjereno važno	Usmjerena prednost daje se jednom kriteriju ili alternativu u odnosu na drugu temeljem iskustva i procjena.
5	Strogo važnije	Strogo se favorizira jedan kriterij ili alternativa u odnosu na drugi temeljem iskustva i procjena.
7	Vrlo strogo, dokazana važnost	Izrazito se favorizira jedan kriterij ili alternativa u odnosu na drugi, njihova dominacija dokazuje se u praksi.
9	Ekstremna važnost	Jedan kriterij ili alternativa favoriziraju se u odnosu na drugi kriterij ili alternativu na temelju dokaza koji su potvrđeni s najvećom uvjerljivošću.
2,4,6,8	Međuvrijednosti	

AHP metoda temelji se na četiri aksioma te prilikom uspoređivanja u parovima elemenata hijerarhije, posebnu pažnju treba obratiti na njih (Daft, 2007):

- aksiom recipročnosti – ukoliko je element A važniji n puta od elementa B, onda će B biti $1/n$ puta važniji od A,
- aksiom homogenosti – usporedba ima smisla ukoliko su elementi koji se uspoređuju usporedivi (primjerice nema smisla uspoređivati težinu muhe i težinu nosoroga),
- aksiom zavisnosti – dopuštena je usporedba među elementima jedne razine u odnosu na element više razine, odnosno usporedbe na nižoj razini zavise od elemenata na višoj razini,
- aksiom očekivanja – bilo koja promjena u strukturi hijerarhije traži ponovno izračunavanje prioriteta.

Postupak rješavanje problema odlučivanja korištenjem AHP metode odvija se na sljedeći način (Dawson, 1996):

1. Najprije se razvije hijerarhijski model problema odlučivanja u kojem se na samom vrhu nalaze ciljevi, dok se na dnu modela nalaze alternative. Na ostalim razinama koje se nalaze između razine ciljeva i razine alternativa, nalaze se kriteriji i podkriteriji.
2. Potom se na svakoj razini hijerarhijske strukture u parovima međusobno uspoređuju elementi te strukture. Prednosti koje daju donositelji odluka prilikom uspoređivanja izražavaju se pomoću Saaty-ve ljestvice relativne važnosti.
3. Pomoću matematičkog modela iz procjena relativnih važnosti elemenata odgovarajuće razine hijerarhijske strukture izračunavaju se težine (lokalni prioriteti) kriterija, podkriterija i alternativa koji se potom sintetiziraju u ukupne prioritete alternativa. Zbrojeni lokalni prioriteti pojedine alternative ponderirani s težinama elementa više razine daju ukupni prioritet te alternative.
4. Provodi se analiza osjetljivosti kako bi se vidjelo u kojoj mjeri se promjene ulaznih podataka odražavaju na ukupne prioritete alternativa.

4.2.2. Matematička osnova AHP metode

Kako bi riješili problem pojedinog problema odlučivanja pomoću AHP metode prolazimo kroz četiri faze odnosno koraka. Matematička notacija koristi se prilikom uspoređivanja elemenata hijerarhijske strukture na svakoj razini što predstavlja drugi korak te prilikom izračunavanja težinskih koeficijenata i prioriteta što predstavlja treći korak AHP metode (Begičević, 2008). Neka n predstavlja broj kriterija (alternativa) čije težine odnosno prioritete označavamo s w_i , a odrediti ćemo ih na temelju procjene vrijednosti njihovih omjera.

Procjene tih omjera označavamo na sljedeći način $a_{ij} = w_i/w_j$. Matrica omjera relativnih važnosti sastoji se od omjera relativnih važnosti a_{ij} (Sikavica i sur., 2014).

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Za slučaj konzistentnih procjena za koje vrijedi $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$, $i, j, k \in \{1, 2, \dots, n\}$ matrica A zadovoljava matričnu jednadžbu $Aw = nw$, gdje je w vektor prioriteta (Sikavica i sur., 2014).

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = n \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Problem rješavanja težina može se izvesti rješavanjem matrične jednadžbe $Aw = nw$, $\lambda \neq 0$, gdje je vektor w jednostupčana matrica (Majača, 2014).

Matrica A posjeduje neka specifična svojstva (Sikavica i sur., 2014):

- za svaki i, j vrijedi da je $a_{ij} > 0$ stoga je matrica A pozitivna,
- vrijedi da je $a_{ij} = 1/a_{ji}$, stoga je matrica recipročna,
- ukoliko su procjene konzistentne svi redci matrice proporcionalni su prvom retku pa vrijedi da je rang matrice A jednak 1.

Upravo zbog tih specifičnih svojstva matrica A ima samo jednu svojstvenu vrijednost (označuje se s λ) različitu od nule koja je jednaka n , a sve ostale svojstvene vrijednosti jednake nuli. Suma svojstvenih vrijednosti pozitivne matrice jednaka je tragu (zbroju elemenata na glavnoj dijagonali) matrice, pa je ne nulta svojstvena vrijednost jednaka je n (Majača, 2014):

$$\lambda_{max} = n.$$

Kada matrica A sadrži nekonzistentne procjene tada vektor težine w možemo dobiti rješavanjem jednadžbe $(A - \lambda_{max} \cdot I)w = 0$ uz uvjet $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, gdje je λ_{max} najveća svojstvena vrijednost matrice A (Sikavica i sur., 2014).

Pretpostavimo da je matrica A konzistentna, što znači da je n njena najveća svojstvena vrijednost te krenimo od matrične jednadžbe $Aw = nw$ tada vrijedi (Sikavica i sur., 2014):

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}w_j = nw$$

odakle je

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j.$$

Zbog $\sum_{i=1}^n a_{ij} = \frac{w_1+w_2+\dots+w_n}{w_j}$ te $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$, vrijedi da je $w_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$. Stoga težinu i -tog kriterija računamo pomoću sljedećeg izraza: $w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$ (Sikavica i sur., 2014). Kako bi temeljem ovog izračunali težine w_i prolazimo kroz tri koraka (Begičević, 2008):

- u prvom koraku izračunavaju se sume stupaca,
- u drugom koraku dijele se svi elementi pojedinog stupca sa sumom tog stupca te se na taj način normalizira matrica A ,
- u trećem koraku težine se izračunavaju kao prosječne vrijednosti elemenata redaka normalizirane matrice.

4.2.3. Mjerenje konzistencije procjena

Zahvaljujući mogućnosti identificiranja i analiziranja nekonzistentnosti donositelja odluke, prilikom uspoređivanja elemenata hijerarhije, AHP metoda pripada skupini primjenjivih metoda. Postoji više razloga zbog kojih dolazi do nekonzistentnih procjena. Sikavica i sur. (2014) navode moguće uzroke inkonzistencije u procjenama:

- Manjak koncentracije – uslijed umora ili ne postojanja interesa odnosno radoznalosti procjenitelja.
- Administrativna greška – zbog pogrešnog unosa vrijednosti pojedinog omjera. Najčešće se javljaju prilikom korištenja programske podrške jer je takve greške teško primijetiti.
- Slaba konzistentnost, urođena nelogičnost u stvarnom problemu koji treba modelirati – primjerice igrač X pobijedi igrača Y, igrač Y pobijedi igrača Z, ali igrač Z pobijedi igrača X, stoga ne vrijedi tranzitivnost.
- Neadekvatna struktura modela - elementi su na svakom nivou usporedivi u okvirima postojeće skale 1-9. Do nekonzistentnosti dolazi jer se uspoređuju ekstremno različiti

elementi za koje postojeći raspon skale nije dovoljan. Primjerice alternativa X je u odnosu na pojedini kriteriji 8 puta važnija od alternative Y, a alternativa Y čak 9 puta važnija od alternative C, a to znači da je alternativa A 72 puta važnija od alternative C.

- Nedostatak informacija – uslijed osobnog propusta ili svjesnog izbjegavanja troškova (nastalih zbog prikupljanja potrebnih podataka) dolazi do manjka kvalitetnih informacija te dolazi do nepridržavanja u određivanju prioriteta prilikom usporedbe u parovima.

Za maksimalnu svojstvenu vrijednost (λ_{max}) matrice omjera relativnih važnosti vrijedi da je $\lambda_{max} \geq n$. Što je λ_{max} bliže broju n to će manja biti nekonzistentnost. Kako bi se izračunao λ_{max} najprije je potrebno pomnožiti matricu omjera relativnih važnosti sa vektorom težinskih koeficijenata (Lojen, 2015):

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}.$$

Nadalje, dijelimo podudarne elemente vektora b i w

$$\begin{bmatrix} b_1 / w_1 \\ b_2 / w_2 \\ \dots \\ b_n / w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \end{bmatrix},$$

nakon čega prema sljedećoj formuli izračunavamo maksimalnu svojstvenu vrijednost (Lojen, 2015):

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

Da bi se izračunao omjer konzistencije (CR), najprije je potrebno izračunati indeks konzistencije (CI) prema sljedećoj formuli (Sikavica i sur., 2014):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}.$$

Indeks konzistencije koristi se ukoliko je $n \geq 3$ za matrice reda n nasumice generiranih usporedbi u parovima te se omjer konzistencije tada računa prema formuli (Sikavica i sur., 2014):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

U prethodnoj formuli RI jest slučajni indeks koji zavisi od reda matrice. On se iščitava iz sljedeće tablice u kojoj prvi red predstavlja red matrice omjera relativnih važnosti dok se u drugom redu nalaze slučajni indeksi.

Tablica 4: Vrijednosti slučajnih varijabli (Prema: Dean i Sharfman, 1996)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Ukoliko vrijedi da je $CR \leq 0,10$ procjena omjera relativnih važnosti podkriterija, kriterija, ili alternativa smatra se prihvatljivom. Ako je $CR > 0,10$ potrebno je istražiti razloge zbog kojih je inkonzistencija procjena neprihvatljivo visoka, ukloniti ih djelomičnim ponavljanjem usporedba u parovima te ako se ponavljanjem procedure u nekoliko koraka omjer konzistencije ne smanji do prihvatljive razine (0,10) tada sve rezultate treba odbaciti i ponoviti cijeli postupak iz početka (Sikavica i sur., 2014).

4.2.4. Prednosti i nedostaci AHP metode

Mnogi autori spominju kako je još uvijek prisutna velika odbojnost donositelja odluka prema kompleksnim metodama odlučivanja te u usporedbi s drugim metodama u većini slučajeva AHP metoda je daje bolje uporabne karakteristike. Neke od prednosti AHP metode (Kendrick i Saaty, 2007):

- iz razloga što AHP metoda koristi hijerarhijsku strukturu, ona omogućava donositeljima odluka definiranje strateških ciljeva visoke razine i specifične metrike za bolju procjenu strateških usmjerenja,
- AHP ide iznad financijske analize integrirajući kvantitativna i kvalitativna razmatranja i uspoređujući ulaze sudionika u postavljanje prioriteta,
- AHP omogućava mjerenje relativne važnosti projekta, uključujući njihove dobrobiti, troškove, rizike i prilike tako da resursi mogu biti alocirani kako bi se najviše izvuklo iz njih,

- AHP proces može biti primijenjen u bilo kojoj organizaciji s bilo kojom razinom zrelosti zbog toga što su ulazi normalizirani koristeći brojčane podatke ili koristeći subjektivnu procjenu kada metrike nisu dostupne,
- AHP proces je dobar za analizu osjetljivosti, pružajući ljudima koji ju prakticiraju veće analitičke sposobnosti pri proučavanju WHAT-IF scenarija.,
- preglednost i eksplicitna struktura modela odluka stvara jaki razvojni okvir za sistematsko poboljšavanje odabira projekta i alociranje odluka.

Kod AHP metode javljaju se određeni nedostaci, iako nju i njene varijante mnogi istraživači smatraju najpouzdanijim metodama višekriterijskog odlučivanja. Ti nedostaci navode se kao njena ograničenja na koja mogu naići korisnici prilikom njene primjene. U nastavku ćemo navesti neka od ograničenja koja se najčešće navode u literaturi (Donnelly, Gibson i Ivancevich, 1995):

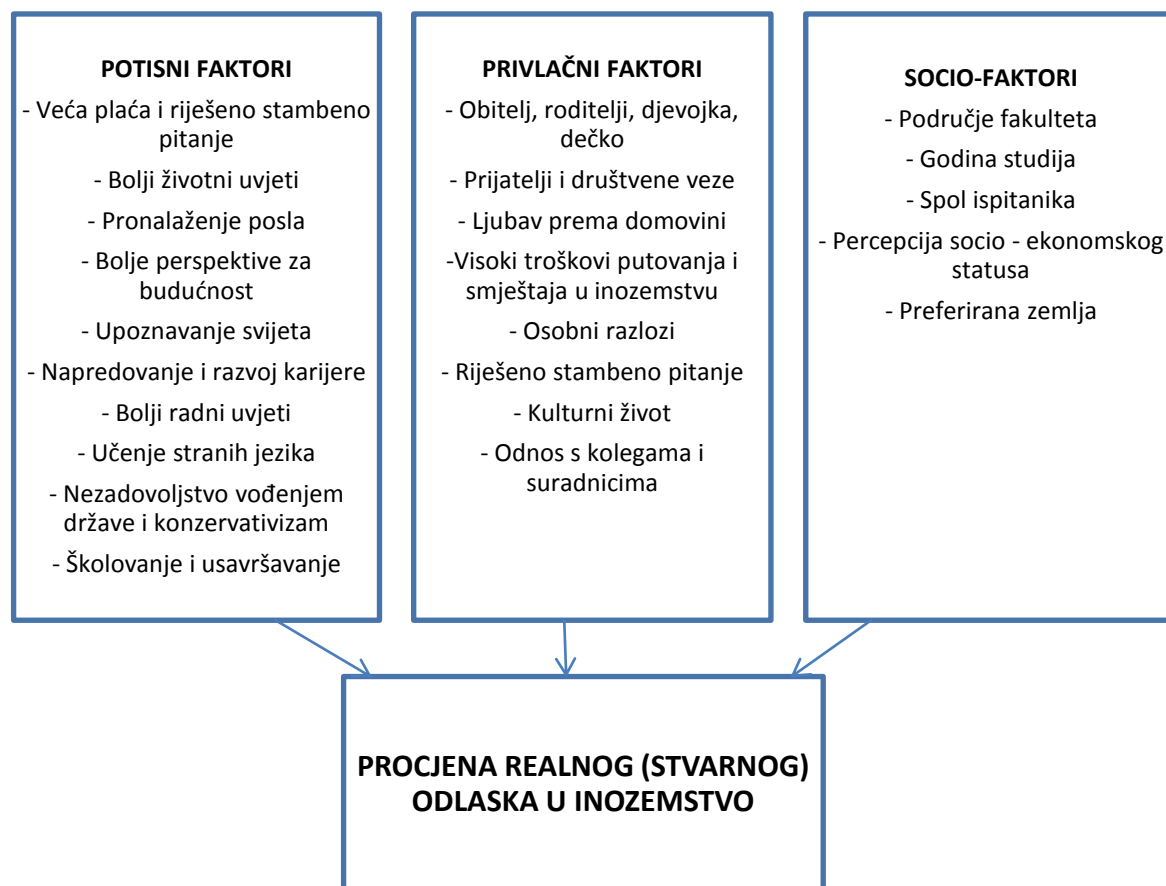
- nije dozvoljena neusporedivost alternativa odnosno inačica,
- složeniji problem odlučivanja povlači veći broj potrebnih usporedba u parovima,
- Satty-eva skala relativne važnosti nije dovoljno velika prilikom uspoređivanja elemenata u parovima vezano uz probleme odlučivanja,
- u nekim situacijama teško je postići prihvatljiv omjer konzistencije.

Kao što smo već spomenuli, kod AHP metode treba pripaziti i na četiri aksioma (aksiom recipročnosti, aksiom homogenosti, aksiom zavisnosti i aksiom očekivanja) jer upravo oni ne dozvoljavaju uspoređivanje neusporedivih alternativa. Broj potrebnih usporedba u parovima ovisi o složenosti problema odlučivanja. To znači da se broj potrebni usporedba u parovima može znatno povećati, a zbog toga biti će potrebno uložiti mnogo više vremena. Ukoliko donositelj odluke treba usklađivati procjene kako bi smanjio omjer inkonzistencije postavlja se pitanja hoće li to utjecati na krajnji rezultat.

5. Opis istraživanja

5.1. Opis skupa podataka

Skup podataka koji se koristi u ovom istraživanju prikupljen je *online* upitnikom među studentima Sveučilišta u Zagrebu u veljači 2016. godine.



Slika 3: Faktori koji utječu na „Procjenu stvarnog odlaska u inozemstvo“ (Izvor: Autori rada)

Model na temelju kojeg su sastavljena pitanja u upitniku vidljiv je na slici 3, a podijeljen je u tri djela. U prvom djelu se ispituju socio-demografske karakteristike studenata, a u drugom i trećem djelu studenti na skali od 1 do 5 procjenjuju važnost potisnih i privlačnih faktora za odlazak u inozemstvo. Na kraju su studenti dali osobnu procjenu vjerojatnost odlaska u inozemstvo nakon studija.

Upitnikom je prikupljeno 1323 odgovora sa svih fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Kod prikupljanja podataka korišten je proporcionalni stratificirani uzorak. U stratificiranom uzorku populaciju dijelimo na način da se unutar definiranog podskupa osigura homogenost s

obzirom na obilježje koje se mjeri (Tkalac Verčić, Sinčić Ćorić i Pološki Vokić, 2010). Obilježje koje se mjeri u ovom istraživanju je područje studiranja. U proporcionalnom stratificiranom uzorku broj jedinica iz svakog stratuma povezan je s njegovom proporcijom u ukupnoj populaciji. U tablici 5 prikazan je stvaran udio studenata po područjima na Sveučilištu u Zagrebu te udio studenata po područjima na prikupljenom uzorku. Iz tablice je vidljiva i proporcionalna stratificiranost uzorka po područjima.

Tablica 5: Stvaran udio studenata po područjima Sveučilišta u Zagrebu i udio studenata po područjima na prikupljenom uzorku (Izvor: Autori rada)

Područja znanosti	Ukupno na Sveučilištu (Izvor: Divjak, Ivanda i Pavlek, 2014)	Uzorak
Prirodne znanosti	6,48%	9,75%
Tehničke znanosti	23,80%	28,34%
Biomedicina i zdravstvo	7,09%	12,47%
Biotehničke znanosti	5,55%	7,86%
Društvene znanosti	43,98%	32,43%
Humanističke znanosti	11,52%	7,11%
Umjetničke akademije	1,58%	2,04%

Sva pitanja, odgovori te distribucije odgovora vidljivi su u tablici u nastavku.

Tablica 6: Opisi i vrijednosti varijabli te distribucija odgovora (Izvor: Autori rada)

Opis varijable	Vrijednosti varijabli i distribucija odgovora
Znanstvena područja Sveučilišta u Zagrebu	Društvene znanosti (32,43%)
	Tehničke znanosti (28,34%)
	Biomedicina i zdravstvo (12,47%)
	Biotehničke znanosti (7,86%)
	Prirodne znanosti (9,75%)
	Umjetničko područje (2,04%)
	Humanističko područje (7,11%)

Godina studija	1. godina studija (20,41%)
	2. godina studija (15,80%)
	3. godina studija (23,81%)
	4. godina studija (18,21%)
	5. godina studija (20,64%)
	6. godina studija (1,13%)
Spol ispitanika	Muško (42,78%)
	Žensko (57,22%)
Percepcija ispitanika o vlastitom socioekonomskom statusu	Siromašan (4,40%)
	Niža srednja klasa (49,28%)
	Viša srednja klasa (44,50%)
	Visoka klasa (1,82%)
Preferirana zemlja imigracije	SAD (9,65%)
	Kanada (8,1%)
	Australija (9,57%)
	Njemačka (17,88%)
	Francuska (3,29%)
	Italija (2,98%)
	Austrija (8,08%)
	Švedska, Nizozemska, Norveška, Finska (23,2%)
	Irska (9,33%)
	Švicarska (7,92%)
Procjena vjerojatnosti stvarnog odlaska u inozemstvo	Jako mala (8,87%)
	Mala (20,47%)
	Srednja (33,81%)
	Velika (27,52%)

	Jako velika (9,33%)
Veća plaća i riješeno stambeno pitanje	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,22 Standardna devijacija: 0,93</p>
Bolji životni uvjeti	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,28 Standardna devijacija: 0,96</p>
Pronalaženje posla	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,35, Standardna devijacija: 0,93</p>
Bolje perspektive za budućnost	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,44 Standardna devijacija: 0,86</p>
Upoznavanje svijeta	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,03 Standardna devijacija: 1,16</p>
Napredovanje i razvoj karijere	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,29 Standardna devijacija: 0,93</p>

Bolji radni uvjeti	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,29 Standardna devijacija: 0,92</p>
Učenje stranih jezika	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 3,93 Standardna devijacija: 1,16</p>
Školovanje i usavršavanje	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4,05 Standardna devijacija: 1,04</p>
Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizmom	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 3,88 Standardna devijacija: 1,34</p>
Obitelj, roditelji, djevojka, dečko	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 4 Standardna devijacija: 1,14</p>
Prijatelji i društvene veze	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 3,51 Standardna devijacija: 1,21</p>

Ljubav prema domovini	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 2,51 Standardna devijacija: 1,41</p>
Osobni razlozi	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 3,07 Standardna devijacija: 1,34</p>
Riješeno stambeno pitanje	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 3,15 Standardna devijacija: 1,35</p>
Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 3 Standardna devijacija: 1,26</p>
Odnosi s kolegama i suradnicima	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 2,82 Standardna devijacija: 1,20</p>
Kulturni život	<p>Bodovanje važnosti faktora bodovima od 1 do 5.</p> <p>Prosječna vrijednost: 2,64 Standardna devijacija: 1,25</p>

Istraživanjem je obuhvaćeno svih sedam znanstvenih područja Sveučilišta u Zagrebu, kao i sva 33 fakulteta. Prikaz područja i pripadnih fakulteta dan je u tablici 7.

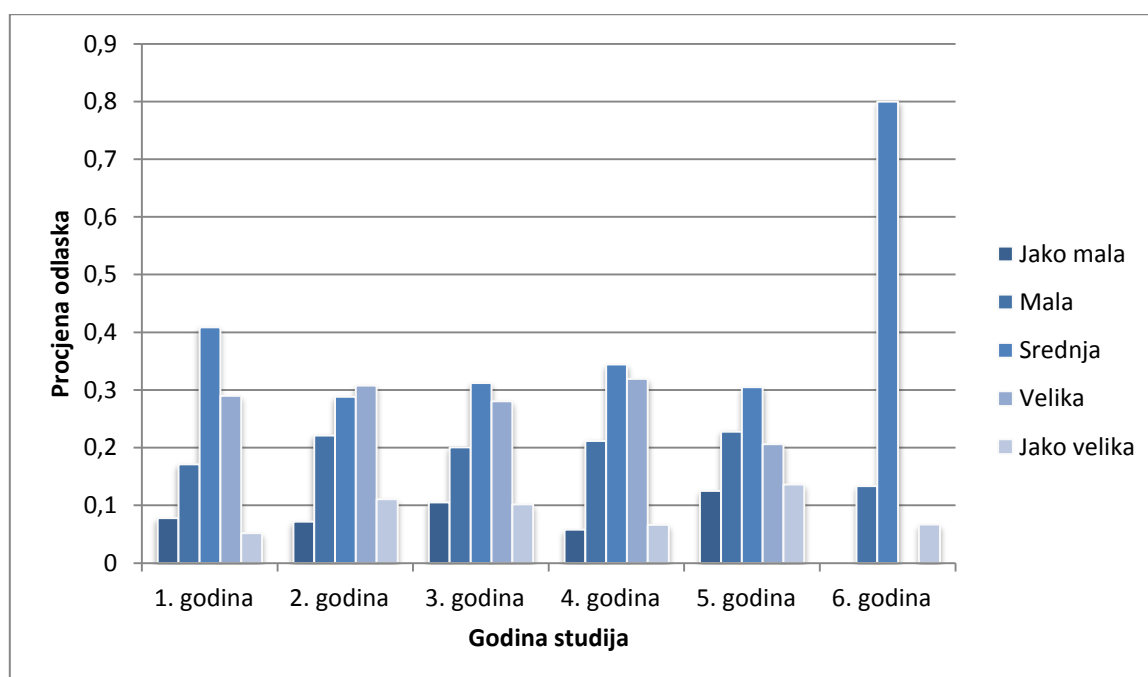
Tablica 7: Fakulteti razvrstani u znanstvena područja (Izvor: Autori rada)

Znanstveno područje	Fakulteti koje područje obuhvaća
Društveno	Fakultet organizacije i informatike, Varaždin
	Ekonomski fakultet
	Edukacijsko – rehabilitacijski fakultet
	Fakultet političkih znanosti
	Kineziološki fakultet
	Pravni fakultet
	Učiteljski fakultet
Tehničko	Fakultet elektrotehnike i računarstva
	Arhitektonski fakultet
	Geodetski fakultet
	Rudarsko – geološko – naftni fakultet
	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
	Građevinski fakultet
	Fakultet strojarstva i brodogradnje
	Grafički fakultet
	Fakultet prometnih znanosti
	Tekstilno – tehnološki fakultet
	Geotehnički fakultet
Metalurški fakultet	
Biomedicinsko	Medicinski fakultet
	Stomatološki fakultet
	Farmaceutsko – biokemijski fakultet
	Veterinarski fakultet
Biotehničko	Prehrambeno – biotehnološki fakultet

	Agronomski fakultet
	Šumarski fakultet
Prirodoslovno	Prirodoslovno – matematički fakultet
Umjetničko	Akademija dramske umjetnosti
	Muzička akademija
	Akademija likovnih umjetnosti
Humanističko	Filozofski fakultet
	Hrvatski studiji
	Katolički bogoslovni fakultet

5.2. Karakteristike uzorka

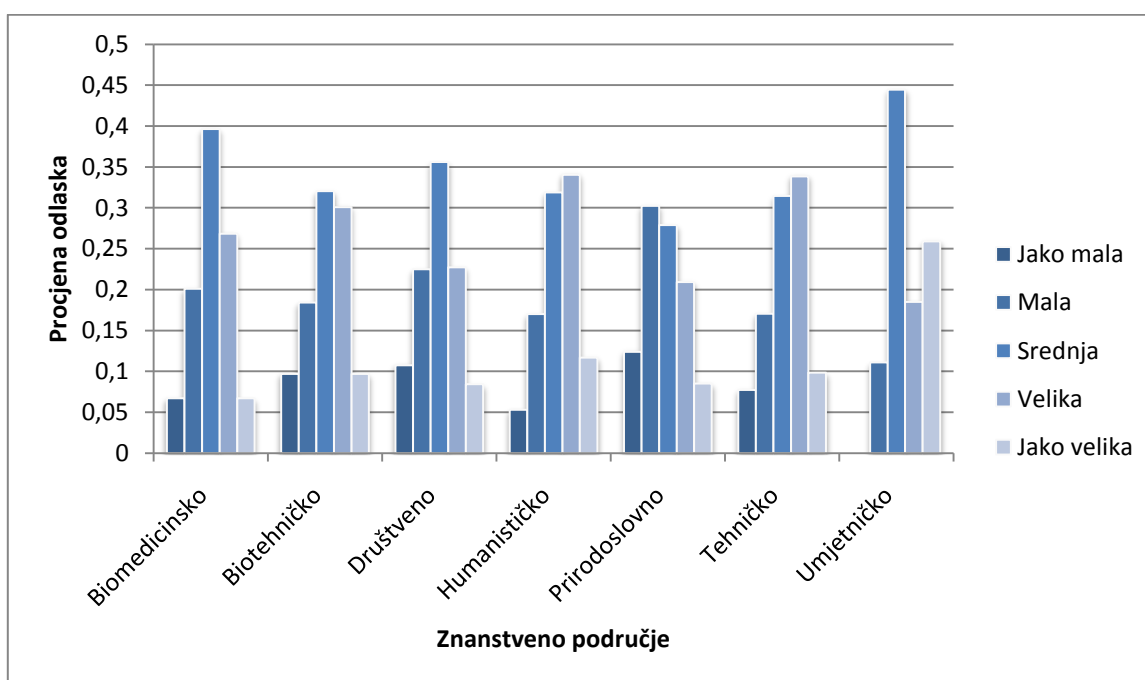
Početno je napravljena deskriptivna statistika nad prikupljenim podacima s ciljem upoznavanja podataka i utvrđivanja karakteristika uzorka. Prvo ćemo prikazati procjenu stvarnog odlaska studenata u inozemstvo ovisno o godini studija na kojoj se trenutno nalaze.



Slika 4: Procjena stvarnog odlaska u inozemstvo ispitanika po godini studija (Izvor: Autori rada)

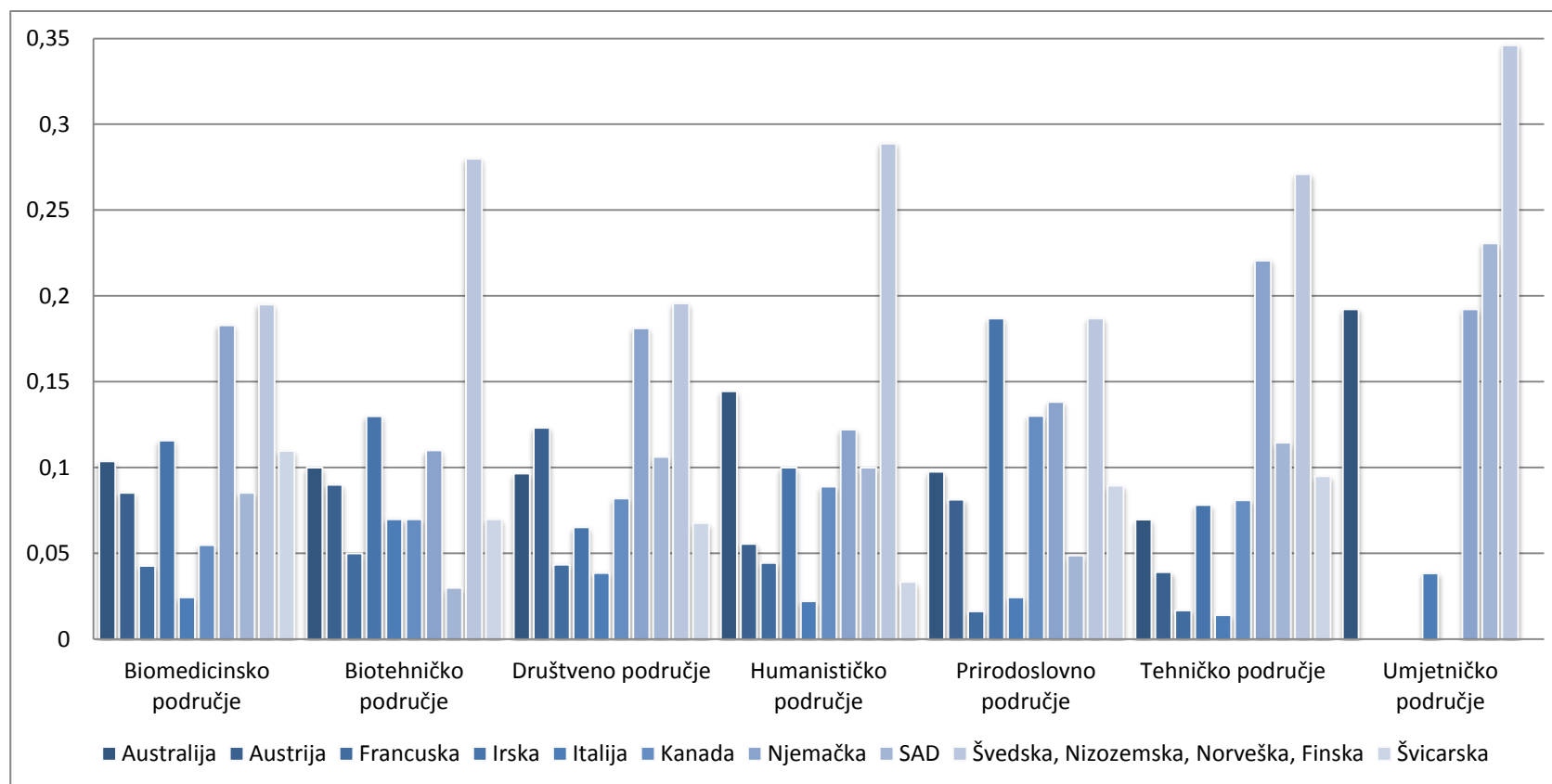
Slika 4 prikazuje procjenu odlaska studenata sveučilišta u Zagrebu po godini studija. Uočavamo da su male razlike u spremnosti napuštanja zemlje među studentima na različitim

godinama studija. Iz grafa je vidljivo da je distribucija odgovora gotova normalna na svakoj godini studija. Naime, na svim godinama studija većina studenata vjerojatnost napuštanja zemlje procjenjuje kao srednju. Dakle, studenti na početku studija izražavaju jednaku namjeru za odlazak kao i oni na završnim godinama studija. Na slici 4 se izdvaja šesta godina studija iz razloga jer samo tri fakulteta na Sveučilištu imaju šestu godinu: Medicinski fakultet, Veterinarski fakultet i Stomatološki fakultet. S obzirom da nema razlike u procjeni prema godini studija, u daljem istraživanju analiziramo studente na svim godinama, iako su se dosadašnja istraživanja uglavnom fokusirala na završne godine studija.



Slika 5: Procjena vlastite namjere odlaska u inozemstvo prema znanstvenom području studija (Izvor: Autori rada)

Slika 5 prikazuje distribuciju stvarne procjene vlastite namjere i spremnosti za odlazak iz zemlje s obzirom na znanstveno područje studija. Studenti umjetničkog područja pokazuju najveću spremnost napuštanja zemlje (više od 25% ispitanika iz umjetničkog područja izrazilo je jako veliku želju za odlazak u inozemstvo). Suprotno tome, studenti prirodoslovnog područja pokazuju najmanju želju za odlazak u inozemstvo (više od 40% studenata izrazilo je jako malu ili malu želju za odlazak). Ove rezultate treba interpretirati s oprezom zbog malog udjela ovih područja u našem uzorku, kao i u ukupnoj populaciji.



Slika 6: Preferirana zemlja odlaska prema području studiranja (Izvor: Autori rada)

Slika 6 pokazuje preferirane zemlje odlaska prema području studiranja. Rezultati ukazuju na postojanje određenih razlika u odabiru preferirane zemlje odlaska s obzirom na znanstveno područje. Iako su kod svih područja najčešći odabir skandinavske zemlje i Nizozemska, studentima društvenog, tehničkog i biomedicinskog područja drugi najčešći odabir je Njemačka, dok je studentima prirodoslovnog i biotehničkog područja drugi najčešći odabir Irska.

6. Rezultati istraživanja

6.1. Prikaz odljeva mozgovog upotrebom neuronskih mreža

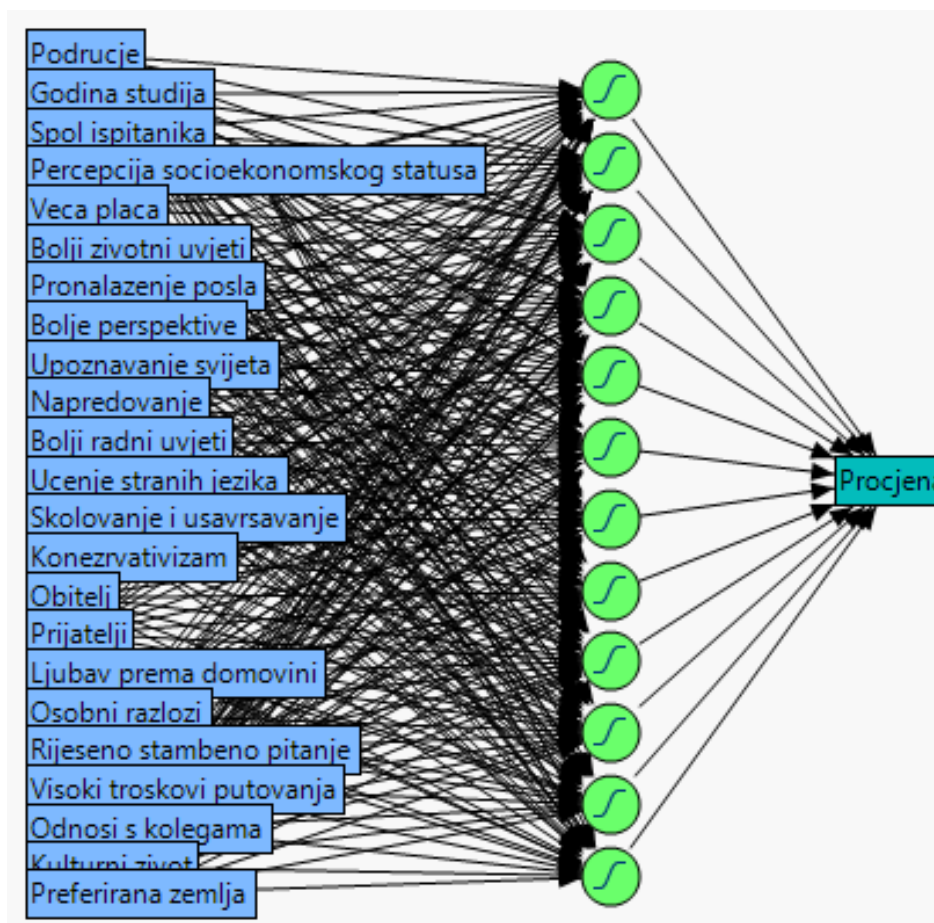
U nastavku rada opisuje se proces izrade neuronske mreže, alata kojim se modelira vjerojatnost odlaska u inozemstvo studenata Sveučilišta u Zagrebu. Primjenom neuronske mreže utvrđuju se faktori koji određuju odlazak iz zemlje.

Umjetna neuronska mreža napravljena je u alatu SAS JMP 12. Program je preuzet s web stranice (SAS JMP, 2016). U besplatnoj verziji ovog programa izvor podataka može biti .csv i Excel format podataka. Isto tako ova verzija zahtijeva licencu u trajanju od mjesec dana koju je moguće preuzeti sa SAS web stranica (SAS JMP, 2016).

6.1.1. Proces izrade neuronske mreže

Prije izrade modela neuronske mreže potrebno je pripremiti podatke. Ukupno je 1323 zapisa preuzeto iz baze odgovora anketnog upitnika i te je podatke bilo potrebno "očistiti". Najprije je bilo nužno sve dijakritičke znakove zamijeniti slovima engleskog govornog područja iz tehničkih razloga alata. Potom je napravljena provjera postoji li koji zapis sa neodgovarajućim ili "null" vrijednostima i tek je tada datoteku .xlsx bilo moguće pretvoriti u željenu .csv datoteku. Slijedeći korak je učenje i treniranje mreže. SAS JMP samostalno uči i trenira neuronsku mrežu prema definiranim parametrima od strane korisnika. Kako bi se dobio optimalni model neuronske mreže, korisnik podešava broja skrivenih neurona, ciklusa treniranja, stopu učenja i momentate učenja. Ovisno o razlici između rezultata programa i željenom rezultatu, proces se ponavlja sve dok se ne postigne što je moguće veća točnost i pouzdanost modela. Ulaz u neuronske mreže čine 23 neurona (varijable), a izlaz predstavlja varijabla "Procjena spremnosti vlastitoga odlaska". Zavisna varijabla svoju vrijednost poprima kao rezultat promjene vrijednosti preostalih, nezavisnih varijabli („Područje“, „Godina studija“, „Spol“, „Percepcija socioekonomskog statusa“, „Preferirana zemlja“, potisni i privlačni faktori). Postavljanje broja neurona u skrivenom sloju najvažniji je parametar neuronske mreže. Taj se postupak uglavnom provodi metodom pokušaja i pogreški, no postoje smjernice kojima se treba voditi. Najčešće korištena smjernica govori da je broj neurona u skrivenom sloju jednak aritmetičkoj sredini broja neurona na ulazi i izlazu (Refenes, Zapranis i Francis, 1994). U ovom slučaju broj 12 predstavlja aritmetičku sredinu 24 varijable (23 nezavisne + 1 zavisna). Prilikom kreiranja neuronske mreže koristiti će se *KFold* validacijska metoda. Ova metoda skup podataka dijeli u k podskupova te k puta

ponavlja postupak. Svaki puta se jedan od k podskupova koristi kao testni set podataka, a ostali $k-1$ podskupovi čine set podataka za trening. Tada je moguće izračunati pogrešku u k ispitivanjima. Nedostatak ove metode leži u činjenici što algoritam za svaku procjenu kreće iz 0 k puta, a prednost je u tome što je moguće samostalno odrediti veličinu ispitnog skupa, odnosno k broj računanja (Schneider i Moore, 1997). Drugim riječima, velika količina podataka koju je potrebno obraditi zahtijevala je brojku 80 koja zapravo predstavlja broj ukupnog dijeljenja skupa podataka na manje setove podataka prilikom validacije. Razumno je da što je veća količina podataka za obradu te što se ti podaci dijele na više manjih skupova podataka, da će sama obrada podataka i kreiranje mreže tzv. "Neural fitting" trajati duže.



Slika 7: Struktura modela neuronske mreže (Izvor: Autori rada)

Struktura kreirane neuronske mreže može se vidjeti na slici 7. S lijeve strane i plavom bojom prikazane su nezavisne varijable, zeleni kružići predstavljaju 12 neurona u skrivenom sloju, a na desnoj strani i tirkiznom bojom označena je zavisna varijabla.

Pouzdanost modela iskazana je parametrom RSquare u tablici 8. Što je parametar bliži 1 model je bolji. Pouzdanost modela tijekom učenja iznosi 0,7396297, a tijekom validacije

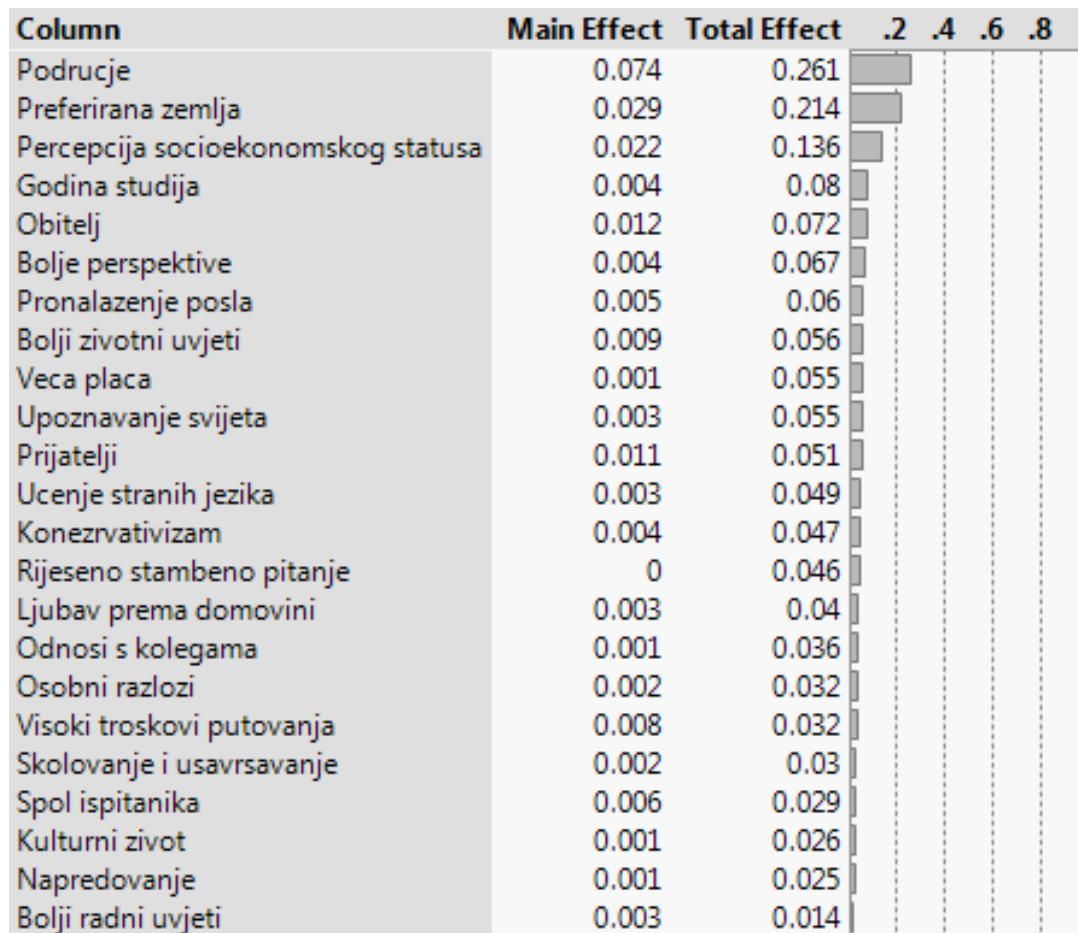
0,7877459, što su jako visoki rezultati i ukazuju na visoku pouzdanost modela. Visoka pouzdanost govori da je model dobar te je na temelju modela moguće donosi zaključke. Greška modela iskazana je parametrom RMSE. Greška modela tijekom učenja iznosi 0,5501359, a tijekom validacije 0,5545562. Ove vrijednosti ukazuju na relativno osrednju točnost klasifikacije, ali predstavljaju zadovoljavajući rezultat za potrebe klasifikacije koju mi u ovom radu zapravo ne radimo.

Tablica 8: Pouzdanost i greška modela (Izvor: Autori rada)

Procjena vjerojatnosti stvarnog odlaska u inozemstvo			
Trening		Validacija	
Mjera	Vrijednost	Mjera	Vrijednost
Pouzdanost (RSquare)	0,7396297	Pouzdanost (RSquare)	0,7877459
Greška (RMSE)	0,5501359	Greška (RMSE)	0,5545562

6.1.2. Analiza značajnosti ulaznih varijabli

Kako bi se utvrdile varijable koje determiniraju odlazak u inozemstvo studenata Sveučilišta u Zagrebu, provedena je analiza osjetljivosti. Ovakva analiza utvrđuje značajnost varijabli i ukazuje na jačinu utjecaja pojedine ulazne varijable na vjerojatnost odlaska u inozemstvo, čime je moguće donijeti zaključak o prediktorima odlaska studenata. Analiza provedena u alatu SAS JMP nudi mogućnost pregleda glavnog i ukupnog utjecaja nezavisnih varijabli na zavisnu varijablu. Glavni utjecaj predstavlja indeks važnosti koji odražava relativni doprinos te varijable individualno, a ne u kombinaciji s preostalim varijablama. Ukupni utjecaj predstavlja indeks važnosti relativnog doprinosa te varijable u kombinaciji s preostalim varijablama.



Slika 8: Utjecaj nezavisnih varijabli na zavisnu varijablu „Procjena stvarnog odlaska u inozemstvo“ (Izvor: Autori rada)

Na slici 8 prikazani su utjecaji nezavisnih varijabli na zavisnu varijablu, procjenu vjerojatnosti stvarnog odlaska iz zemlje. Kao najvažnija varijabla koja utječe na vjerojatnost odlaska iz zemlje pokazala se varijabla „Područje studiranja“. Na temelju ovih rezultata zaključujemo da postoje razlike u namjeri odlaska iz zemlje među studentima različitih područja. Varijable kojom studenti izražavaju percepciju svog socioekonomskog statusa treća je po važnosti, što nameće zaključak da studenti različitog socioekonomskog statusa različito procjenjuju namjeru odlaska. Potisni i privlačni faktori u ovom se modelu pokazuju kao manje važne odrednice u namjeri odlaska, te se dalje istražuju u nastavku rada kako bi se utvrdila njihova uloga.

6.1.3. Primjena modela

U ovom djelu analizirat ćemo osjetljivost izlaza (procjene vjerojatnosti odlaska u inozemstvo) na promjene ulaznih varijabli. Mijenjanjem pretpostavki u modelu utvrđujemo kako se varijabilnost može podijeliti po uzorcima. Izvore varijabilnosti tražimo promjenom

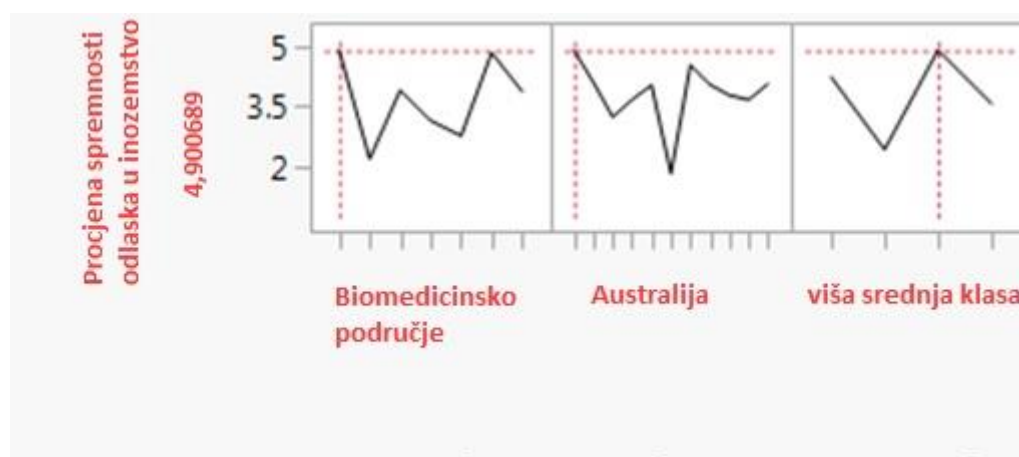
socioekonomskog statusa, preferirane zemlje odlaska i područja studiranja iz razloga jer su te tri varijable najznačajnije u modelu neuronskih mreža.



Slika 9: Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – prva situacija (Izvor: Autori rada)

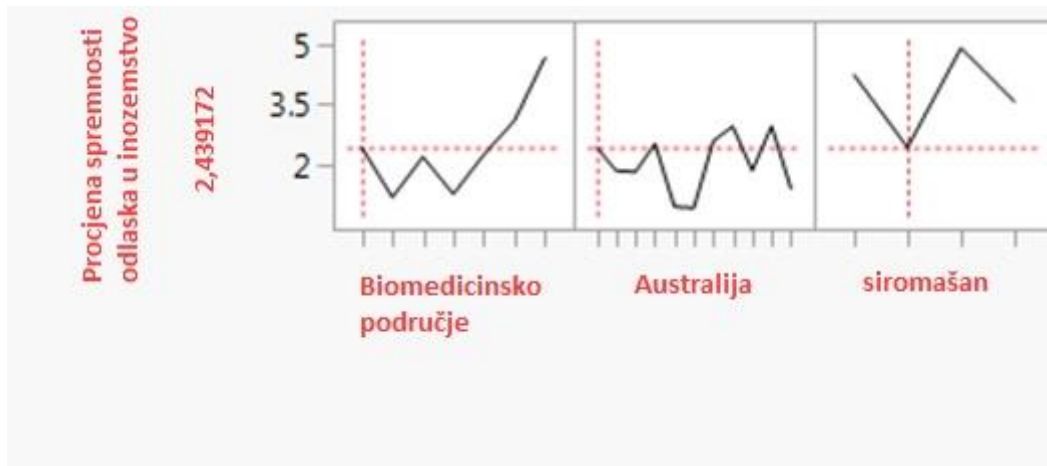
Slika 9 pokazuje situaciju u kojoj vrijednost zavisne varijable „Procjena spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ iznosi 4,235372 što znači da se većina ispitanika niže srednje klase iz biomedicinskog područja izjasnila kako je njihova vjerojatnost odlaska visoka.

Usporedbe radi, prema Šverko (2004) najveći postotak ispitanika (49,2%) navodi kako je njihova spremnost i vjerojatnost odlaska ipak mala. Golub (2003) navodi kako 63,3% znanstveničkog pomlatka (istraživača do 35 godina) razmišlja kako bi otišlo živjeti i raditi u inozemstvo. Prema Mlikota (2013) najveći postotak ispitanika (42%) smatra kako je vjerojatnost odlaska srednje veličine.



Slika 10: Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – druga situacija (Izvor: Autori rada)

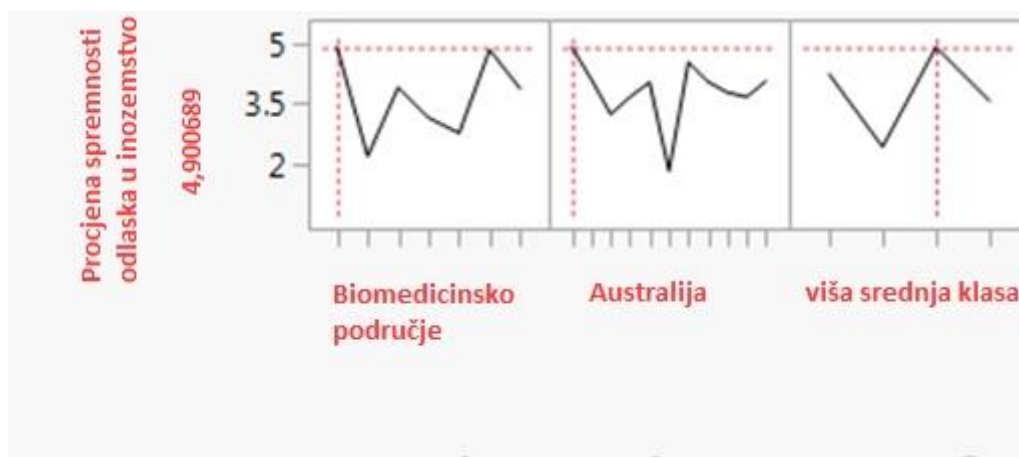
Ukoliko u ovom modelu promijenimo vrijednost nezavisne varijable „Percepcija socio-ekonomskog statusa“ s „niža srednja klasa“ na „viša srednja klasa“ tada vrijednost zavisne varijable „procjena“ raste na 4,900689 što znači da je vjerojatnost odlaska ispitanika u inozemstvo dosegla vrhunac i gotovo maksimalnu vrijednost.



Slika 11. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – treća situacija (Izvor: Autori rada)

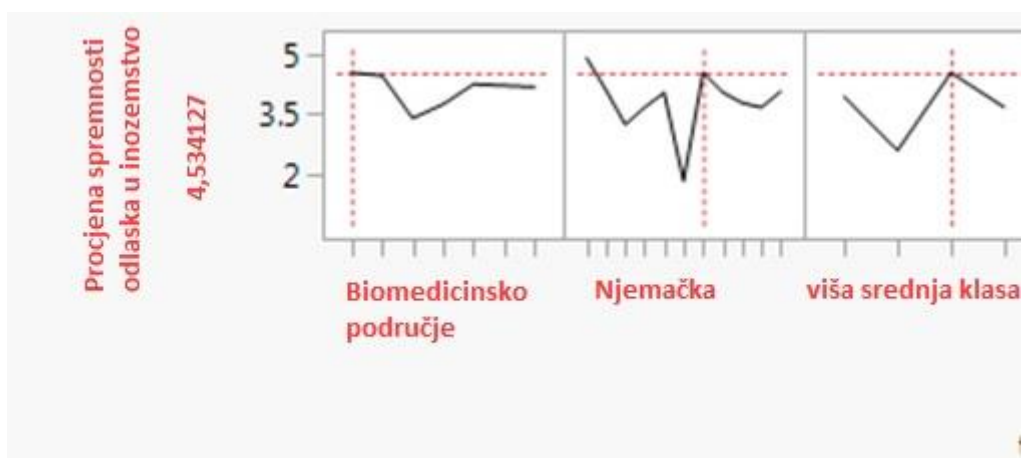
Promijenimo li vrijednost nezavisne varijable „Percepcija socio-ekonomskog statusa“ na „siromašan“, možemo primijetiti da se vjerojatnost odlaska smanjuje i zapravo je mala (vrijednost varijable „Procjena“ iznosi 2,439172).

Ovi rezultati govore da su studenti biomedicinskog područja koji pripadaju imućnijim skupinama društva skloniji odlasku od siromašnih studenata.



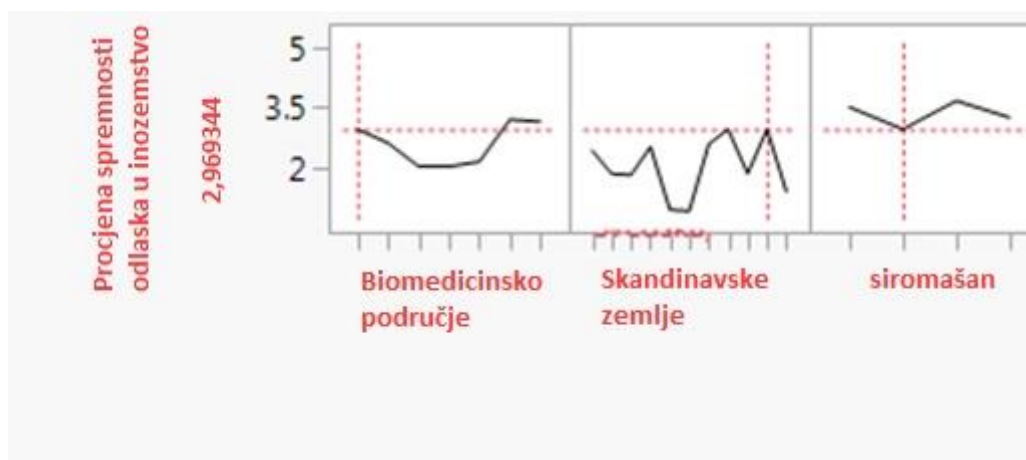
Slika 12. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – četvrta situacija (Izvor: Autori rada)

U situacijama kada razmatramo koju zemlju preferira koji socioekonomski sloj studenata tada možemo uočiti da viša srednja klasa preferira Australiju kao zemlju imigracije jer je procjena odlaska poprimila visoku vrijednost od 4,900689.



Slika 13. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – peta situacija (Izvor: Autori rada)

Viša srednja klasu kao drugu najatraktivniju zemlju imigracije bira Njemačku jer je procjena spremnosti također poprimila visokih 4,534127.

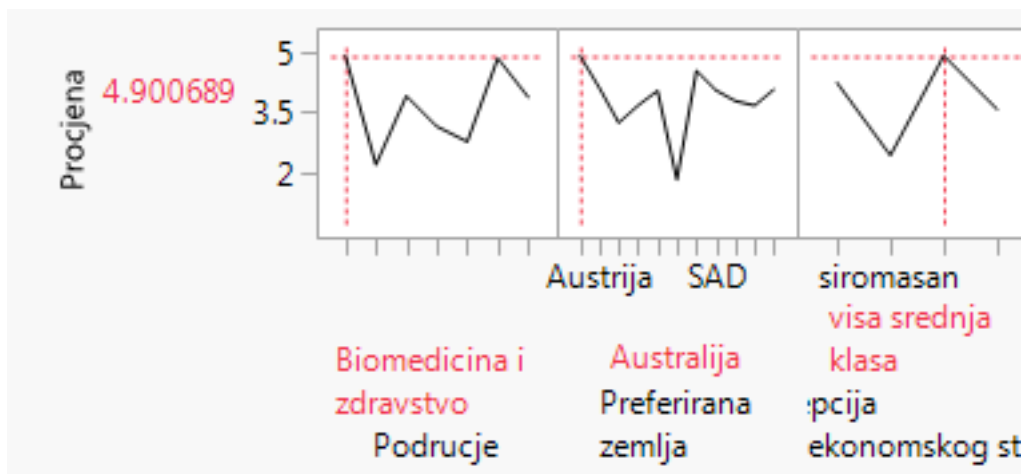


Slika 14. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – šesta situacija (Izvor: Autori rada)

Siromašan sloj ispitanika odabire Skandinavske zemlje kao potencijalne zemlje imigracije, ali je procjena spremnosti sada znatno manja i iznosi 2,969344.

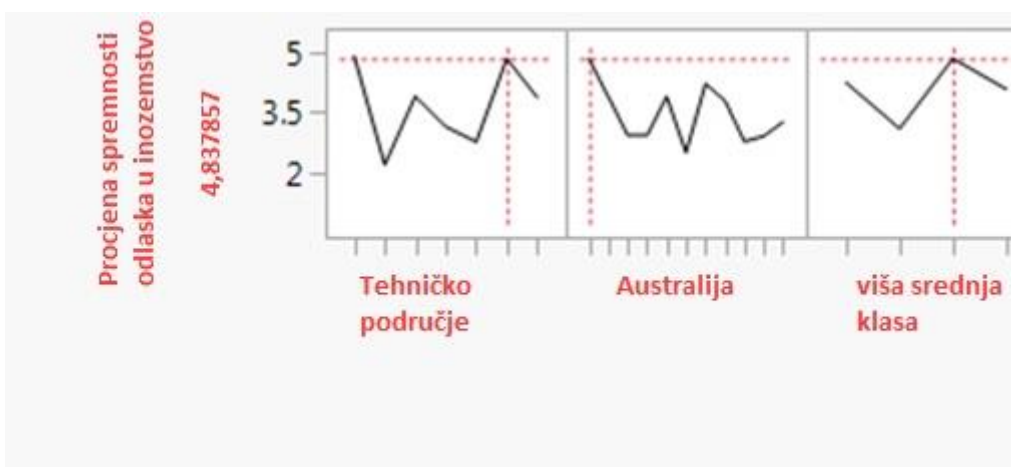
Potrebno je napomenuti kako je Njemačka kao zemlja imigracije bila atraktivna studentima Visoke škole za menadžment u turizmu i informatici u Virovitici (26% ispitanika) u istraživanju provedenom 2013.godine.

U nastavku istraživanja ispitivali smo iz kojeg znanstvenog područja dolaze studenti s najvećim ili najmanjim interesom za odlazak iz države te smo varirali vrijednosti varijable „Područje“.



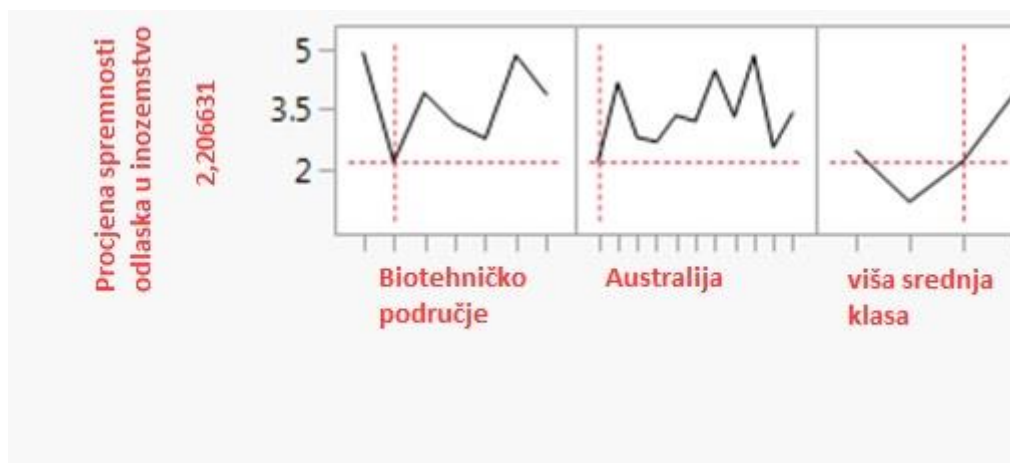
Slika 15. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – sedma situacija (Izvor: Autori rada)

Najveći interes i spremnost za odlazak iz države pokazuju studenti sa područja Biomedicine i zdravstva (4,900689) što je vidljivo na slici 15.



Slika 16. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – osma situacija (Izvor: Autori rada)

Isto tako visoki interes za napuštanje domovine pokazuju i studenti sa područja Tehničkih znanosti čija spremnost iznosi 4,837857 (slika 16).



Slika 17. Simulacija vrijednosti tri najznačajnije varijable na „Procjenu spremnosti realnog odlaska u inozemstvo“ – deveta situacija (Izvor: Autori rada)

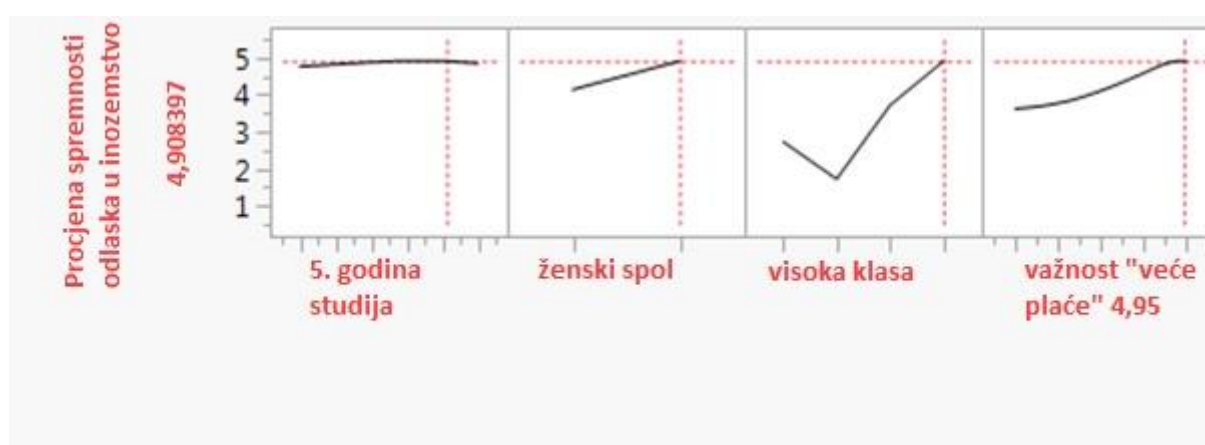
Najmanji interes za odlazak iz domovine pokazuju studenti s područja Biotehničkih znanosti čija procjena odlaska iznosi niskih 2,206631.

S obzirom da se prilikom analize osjetljivosti nezavisna varijabla "Područje" pokazala kao varijabla s najvećim utjecajem na procjenu odlaska opravdano je provesti dubinsku analizu osjetljivosti grupiranjem po spomenutoj varijabli koja će rezultirati s ukupno sedam neuronskih mreža. Za potrebe ovoga rada biti će prikazana analiza osjetljivosti za područja najvećeg (biomedicina i zdravstvo) i najmanjeg interesa (biotehničko područje) studenata za napuštanjem domovine te za studente tehničkih znanosti jer su se pokazali kao izrazito heterogena skupina.

Analiza osjetljivosti pokazala je kako studenti s područja Biomedicine i zdravstva pokazuju najveći interes i spremnost za odlazak iz Republike Hrvatske nakon što završe svoje školovanje. Slijedeća tablica pokazuje parametre neuronske mreže za prethodno navedeno područje. Prema vrijednostima koje su poprimili parametri pouzdanosti (RSquare) i greške (RMSE) možemo zaključiti da je model neuronske mreže područja Biomedicine i zdravstva stabilan. Tijekom učenja mreže pouzdanost je iznosila visokih 0,8585079, a greška prihvatljivih 0,3734362. Parametri su poprimili još bolje vrijednosti tijekom validacije pa pouzdanost raste na 0,8925836, a greška se smanjuje na 0,3217208.

**Tablica 9. Mjere kvalitete modela neuronske mreže za područje biomedicine i zdravstva
(Izvor: Autori rada)**

Nezavisna varijabla: Područje Biomedicine i zdravstva			
Trening		Validacija	
Mjera	Vrijednost	Mjera	Vrijednost
Pouzdanost (RSquare)	0,8585079	Pouzdanost (RSquare)	0,8925836
Greška (RMSE)	0,3734362	Greška (RMSE)	0,3217208



**Slika 18. Model procjene odlaska u inozemstvo za studente biomedicine i zdravstva
(Izvor: Autori rada)**

Analiza osjetljivosti područja Biomedicine i zdravstva potvrdila je visoku spremnost odlaska studenata za napuštanjem domovine. Ako malo bolje promotrimo ostale nezavisne varijable koje imaju visok utjecaj na ovakav ishod tada možemo zaključiti slijedeće:

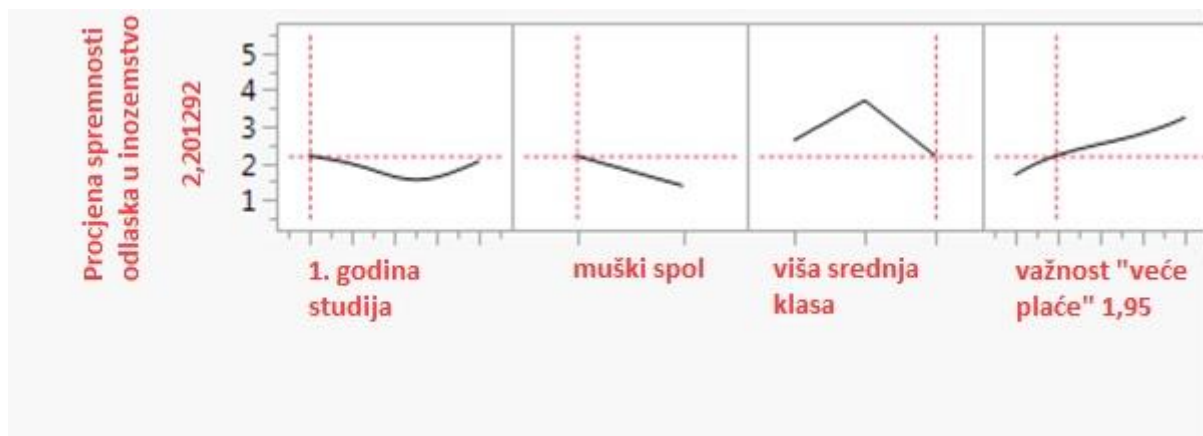
- visoku spremnost za napuštanjem domovine pokazuju studenti svih godina studija bez nekakvih značajnijih razlika,
- ženski spol iskazuje veću spremnost i namjeru odlaska spram muškog spola,
- glede socioekonomskog statusa, najveću spremnost za odlazak pokazuje visoka klasa, a najmanju studenti koji sebe percipiraju kao siromašni,
- najznačajniji faktor koji ove studente privlači u inozemstva jest veća plaća koju nudi zemlja imigracije i to sa vrijednošću od 4.95 koja je označavala apsolutno veliku važnost.

Studenti s područja Biotehničkih znanosti iskazali su najmanju namjeru za odlazak iz Republike Hrvatske. Slijedeći prikazi pokazat će kreiranje neuronske mreže i analize

osjetljivosti za spomenuto područje. Vrijednosti koje su poprimili parametri pouzdanosti i greške tijekom treninga i validacije pokazuju iznimno stabilan model. Podsjetimo da je pouzdanost bolja čim su brojke bliže vrijednosti 1, a greška je bolja čim je brojka bliža vrijednosti 0. Vidljivo je da je pouzdanost sa 0,9708616 tijekom treninga i 0,9294867 tijekom validacije iznimno visoka, a greška sa 0,1865573 tijekom treninga i 0,2799073 iznimno niska.

Tablica 10. Mjere kvalitete modela za područje biotehničkih znanosti (Izvor: Autori rada)

Nezavisna varijabla: Područje Biotehničke znanosti			
Trening		Validacija	
Mjera	Vrijednost	Mjera	Vrijednost
Pouzdanost (RSquare)	0,9708616	Pouzdanost (RSquare)	0,9294867
Greška (RMSE)	0,1865573	Greška (RMSE)	0,2799073



Slika 19. Model procjene odlaska za studente biotehničkih znanosti (Izvor: Autori rada)

Detaljnija analiza niske spremnosti za napuštanjem domovine studenata s područja Biotehničkih znanosti rezultira slijedećim zaključcima:

- iako je nezainteresiranost za napuštanjem domovine prisutna na svim godinama studija ovoga područja, može se istaknuti da je još manja spremnost za odlazak iz domovine vidljiva među studentima treće i četvrte godine studija,
- ženski spol je daleko manje spreman za odlazak nego što je to muški spol,
- najnižu vrijednost procjena spremnosti poprima kada se vrijednost varijable percepcije socioekonomskog statusa postavi na višu srednju klasu, a najveću kada je ta vrijednost postavljena na siromašne,

- veća plaća koju nudi zemlja imigracije radi značajnije promjene samo kada je postavljena na svoju maksimalnu vrijednost odnosno apsolutnu važnost.

Iako je istraživanje pokazalo kako studenti sa područja Tehničkih znanosti iskazuju visoku spremnost za odlazak iz domovine po završetku svojih studija, analiza osjetljivosti pokazuje kako je riječ o prilično heterogenoj skupini ispitanika. Naime, prema tablici 11 zaključujemo da je pouzdanosti modela 0.5222397 tijekom treninga i 0,6257702 tijekom validacije te da je velika greška s 0,7244441 tijekom treninga i 0,6583245 tijekom validacije. Zbog velike varijabilnosti modela zaključujemo da se ne mogu donositi zaključci za cijelu skupinu studenata tehničkog područja.

Tablica 11. Mjere kvalitete modela za područje tehničkih znanosti (Izvor: Autori rada)

Nezavisna varijabla: Područje Tehničkih znanosti			
Trening		Validacija	
Mjera	Vrijednost	Mjera	Vrijednost
Pouzdanost (RSquare)	0.5222397	Pouzdanost (RSquare)	0,6257702
Greška (RMSE)	0,7244441	Greška (RMSE)	0,6583245

6.2. Primjena AHP metode

6.2.1. Softverski alat Expert Choice

Expert Choice pokazao se kao vrlo efikasan softverski program za rješavanje problema višekriterijskog odlučivanja. Olakšava i ubrzava donošenje složenih odluka zbog toga što povezuje odluke s ciljevima, kreira podršku odluci među interesnim skupinama i daje strukturirani pristup donošenju odluke (Infodom, 2016). Unatoč tome što alat daje najobjektivnije rješenje prema zadanim kriterijima (i podkriterijima), donositelj odluke je onaj koji donosi konačnu odluku te zbog toga on ima najveću odgovornost. Problem se javlja zbog subjektivnosti donositelja odluke u procjeni važnosti kriterija (pogotovo kvalitativnih), što u velikoj mjeri utječe i na rezultat procesa odabira pomoću AHP metode koja je podržana Expert Choice alatom. Razvili su ga dr. Thomas Saaty i dr. Ernest Forman početkom 1980-ih (Expert Choice, 2016).

Analitički hijerarhijski proces i Expert Choice zajedno sa donositeljem odluke sudjeluju u strukturiranju odluke na manje dijelove, polazeći od cilja do pod-ciljeva te na kraju do alternativnih pravaca djelovanja. Kako bi odredili opće težine odnosno prioritete alternativa

donositelji odluka na temelju procjena rade usporedbe u parovima u cijeloj hijerarhiji. Još jedna značajka ovog alata je mogućnost provođenja analize osjetljivosti koje se temelje na vizualizaciji posljedica promjena ulaznih varijabli. Uz to ovaj program nudi mogućnost kreiranja različitih izvješća (Sokač, Ugarković i Tunjić, 2008). Kao što smo već spomenuli, Expert Choice dozvoljava uspoređivanja u parovima i to na numerički, grafički ili verbalni način. Svaka takva prosudba tj. uspoređivanje predstavlja odnos dva elementa. Problemi odlučivanja mogu uključivati društvene, političke, tehničke i ekonomske faktore. Verbalni način usporedbe najčešće se koristi prilikom uspoređivanja elemenata u psihološkom, socijalnom ili političkom kontekstu dok se numerički i grafički načini usporedbe koriste prilikom uspoređivanja ekonomskih ili nekih drugih mjerljivih faktora (Forman, 2016). Važna značajka ovog alata je da uzima u obzir razmatranje cijele grupe prilikom grupnog donošenja odluka te su zbog toga ta razmatranja sažeta i razumljiva svim članovima te grupe. Time se povećava mogućnost za postizanje jednoglasne odluke na temelju dogovora svih članova grupe, a smanjuje efekt pobjede jednog nadmoćnijeg člana grupe.

6.2.2. Strukturiranje problema

Kako bismo mogli početi sa analiziranjem problema, najprije je potrebno identificirati i definirati problem, odrediti skup kriterija te odrediti skup alternativnih rješenja. Prvi problem sa kojim se susrećemo kod donošenja odluka jest identificiranje i definiranje problema. Iz razloga što smo cijelo istraživanje započeli kako bismo saznali koliko pojedini faktor utječe na odlazak mladih, obrazovanih ljudi iz zemlje, odlučili smo eliminirati socio-faktore i detaljnije istražiti privlačne i potisne faktore. Temeljem izrađenog modela neuronske mreže pomoću "Independent Uniform Inputs" analize osjetljivosti saznali smo glavni i ukupni utjecaj nezavisnih varijabla (socio-faktora, privlačnih faktora i potisnih faktora) na zavinu varijablu (procjena realnog odlaska). Kako bismo mogli ispitati eksperte po područjima znanosti, potrebno je bilo odlučiti koje ćemo nezavisne varijable u nastavku dodatno analizirati. One koje su dobivene kao najvažnije prema glavnom ili prema ukupnom utjecaju. Odlučili smo da ćemo uzeti najvažnije nezavisne varijable koje su dobivene prema glavnom utjecaju. Kao što smo već ranije naveli, glavni utjecaj je indeks važnosti koji odražava relativni doprinos pojedine varijable individualno, a ne u kombinaciji sa preostalima. Od potisnih faktora odabrali smo 4 najvažnija koja ćemo dalje istraživati, a to su:

- bolji životni uvjeti,
- pronalaženje posla,

- bolje perspektive za budućnost,
- nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam.

Ostali potisni faktori imali su vrijednost glavnog utjecaja 0,003 ili manju te ih zbog toga nismo dalje istraživali. Od privlačnih faktora za daljnje istraživanje odabrani su svi oni koji su imali vrijednost glavnog utjecaja veću od 0,002, a to su:

- obitelj, roditelji, djevojka, dečko,
- prijatelji i društvene veze,
- visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu,
- ljubav prema domovini.

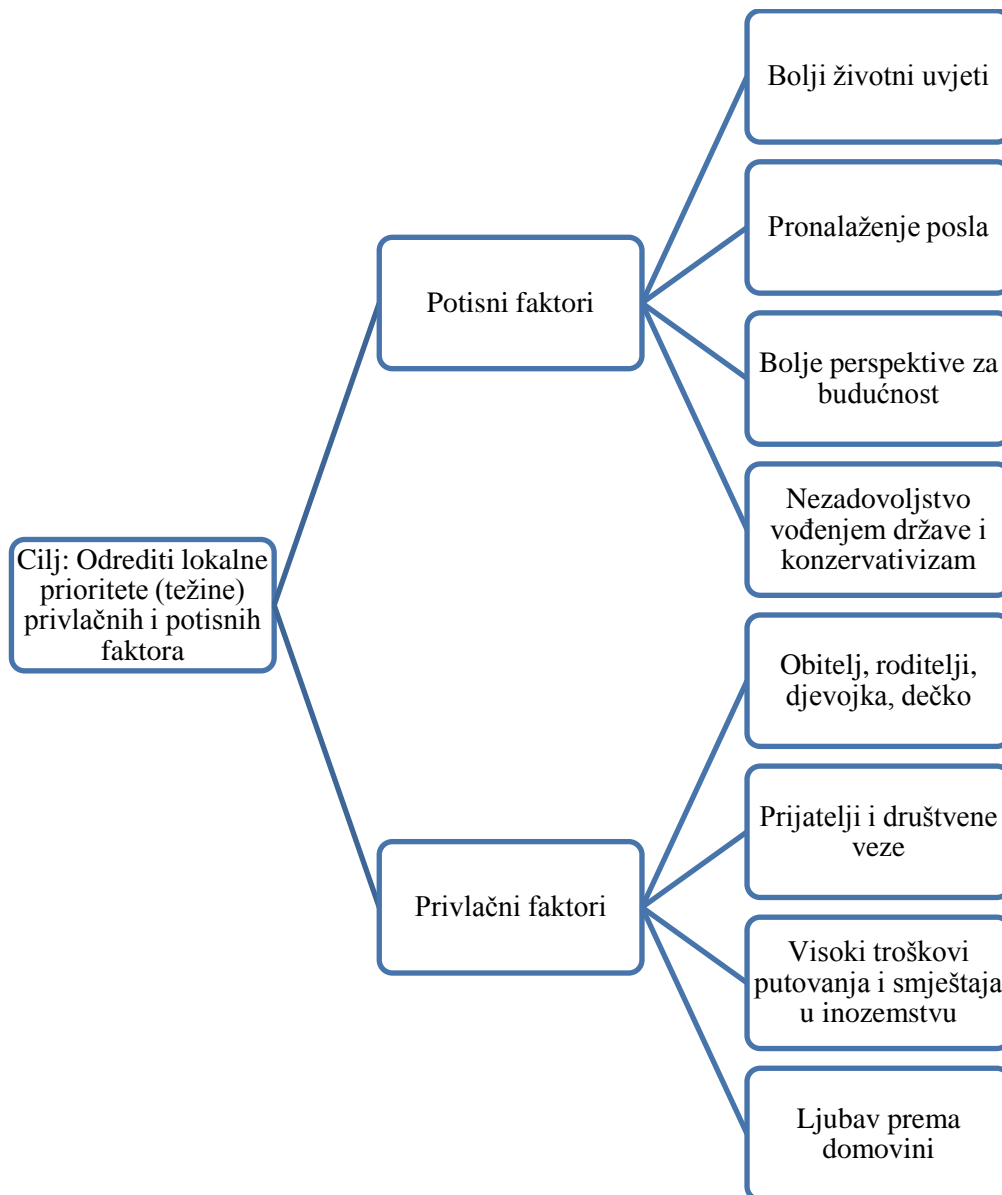
U nastavku biti će prikazani i opisani modeli problema odlučivanja za sedam područja znanosti Sveučilišta u Zagrebu (biomedicinsko, biotehničko, društveno, humanističko, prirodoslovno, tehničko i umjetničko područje). Lokalne prioritete ili važnosti ili težine kriterija izračunavati ćemo na dva načina: pomoću alata Expert Choice i pomoću programa Microsoft Excel 2010.

6.2.3. Razvoj hijerarhijskog modela i uspoređivanje u parovima

6.2.3.1. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za biomedicinsko područje

Proces određivanje lokalnih prioriteta (težina) privlačnih i potisnih faktora za biomedicinsko područje prikazati ćemo pomoću alata Expert Choice.

Prvi korak pri rješavanju problema AHP metodom je razviti problem odlučivanja u hijerarhijski model. Hijerarhijski model biti će jednak za sva područja znanosti, stoga nećemo za svako područje prikazivati njegov model. On će se sastojati od cilja, kriterija i podkriterija.



Slika 20: Hijerarhijska struktura problema odlučivanja (Izvor: Autori rada)

Prikazani model na slici sastoji se od jednog cilja, a to je „Odrediti lokalne prioritete (težine) privlačnih i potisnih faktora“. Taj cilj nalazi se na vrhu hijerarhijskog modela. Ispod njega smještena su 2 kriterija, a to su privlačni i potisni faktori. Na najnižoj razini u modelu nalaze se podkriteriji koji se odnose na pojedini kriterij. Naš problem definiran je na način da sadrži 8 podkriterija.

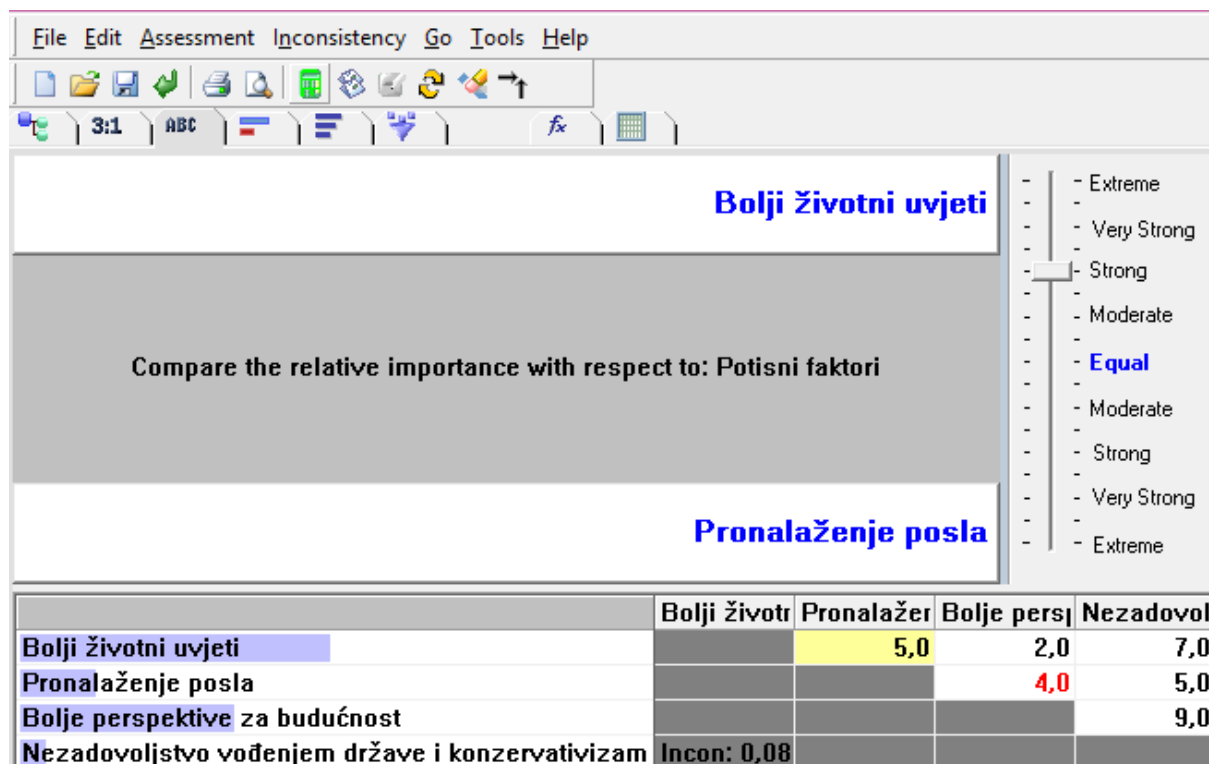
Uspoređivanje u parovima

Korak koji slijedi nakon definiranja hijerarhijskog modela u AHP metodi je uspoređivanje u parovima. Najprije smo krenuli uspoređivati podkriterije s obzirom na kriterij kojem su podređeni. Nakon toga uspoređivali smo kriterije s obzirom na postavljeni cilj. U Expert Choice alatu uspoređivanje se radi pomoću Saaty-eve skale koja ima pet stupnjeva te četiri

međustupnja. Kao što smo već spomenuli, uspoređivanja u Expert Choice alatu mogu se provesti na nekoliko načina, a to su: numeričko uspoređivanje u parovima, verbalno uspoređivanje u parovima i grafičko uspoređivanje u parovima. U ovom radu koristili smo verbalno uspoređivanje u parovima, a za svaku matricu u kojoj se nalaze vrijednosti uspoređenih podkriterija ili kriterija alat automatski izračunava omjer konzistencije (skraćenica CR). Jedina stvar na koju trebamo pripaziti jest da taj omjer ne bude veći od 0,10.

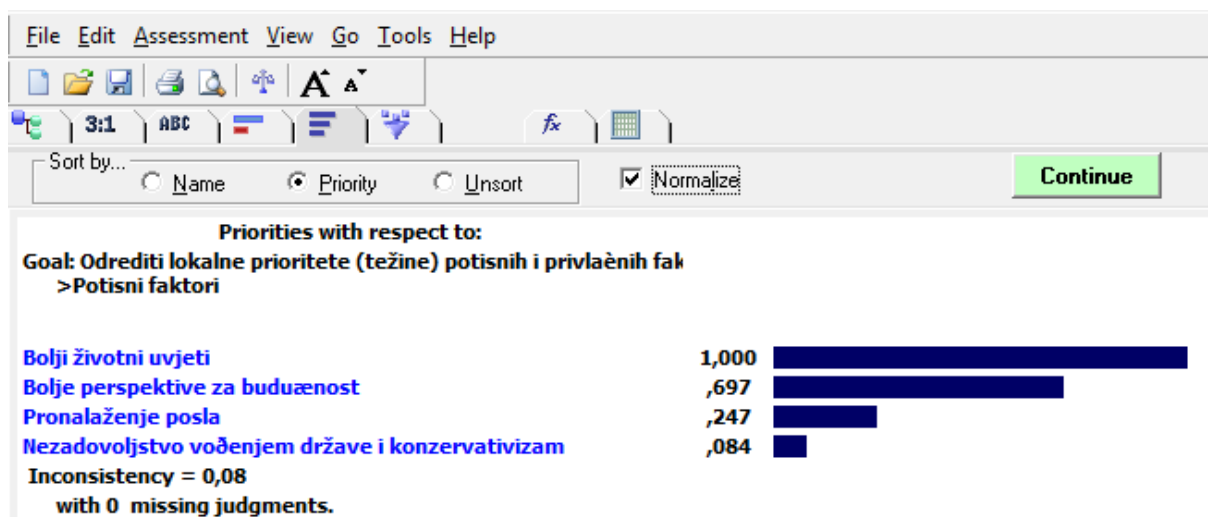
Procjenu omjera relativnih važnosti podkriterija i kriterija dobili smo anketiranjem eksperta u svakom području znanosti. Eksperti su odabrani na način da je gledan broj odgovora sa svih fakulteta koji pripadaju pojedinom području, zatim je odabran fakultet sa najviše odgovora (u promatranom području) te je potom ispitan student sa one godine studija na kojoj je zabilježeno najviše odgovora (prema radu Topolko, Oreški i Horvat, 2012).

Uspoređivanje podkriterija u parovima



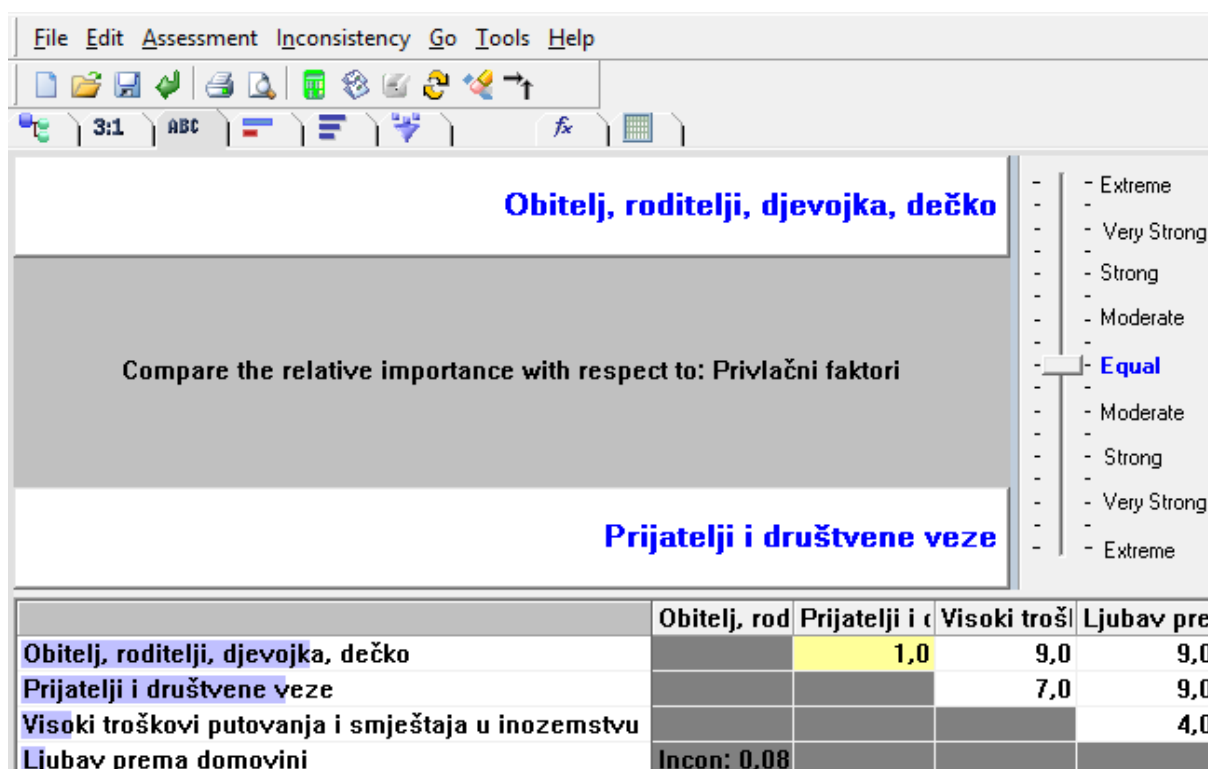
Slika 21: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 21 je prikazana procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“. Prikazan je i omjer konzistencije koji je manji od deset posto što dokazuje da je postupak konzistentan.



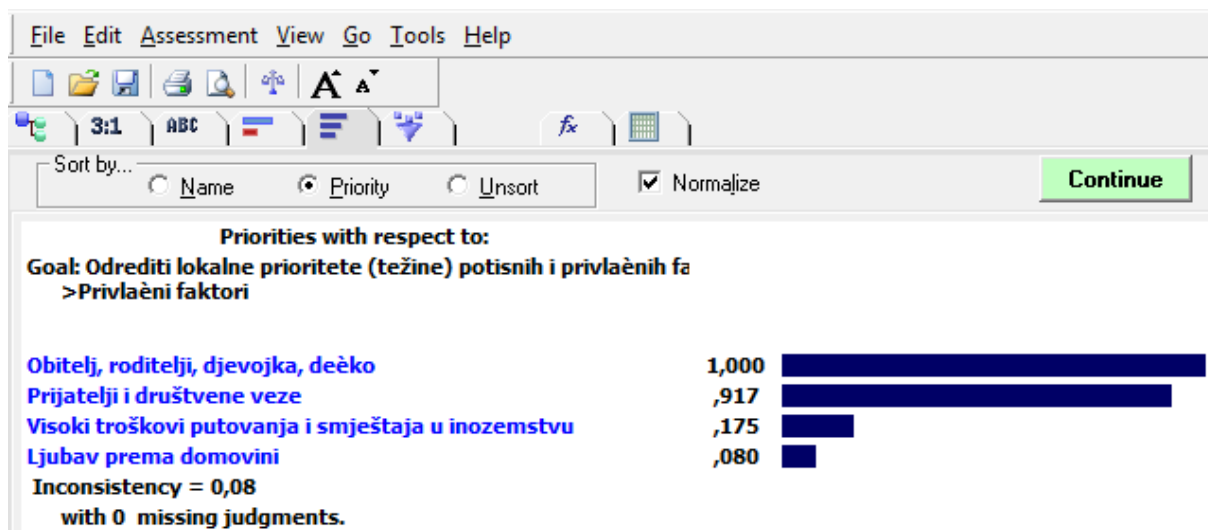
Slika 22: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 22 možete vidjeti da je kod kriterija „Potisni faktori“ najvažniji podkriterij „Bolji životni uvjeti“. Podkriterij „Bolje perspektive za budućnost“ zauzima drugo mjesto po važnosti, a iza njega nalaze se podkriteriji „Pronalaženje posla“ i „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“. Vrijednosti koje možete videti na slici 22 su normalizirane.



Slika 23: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)

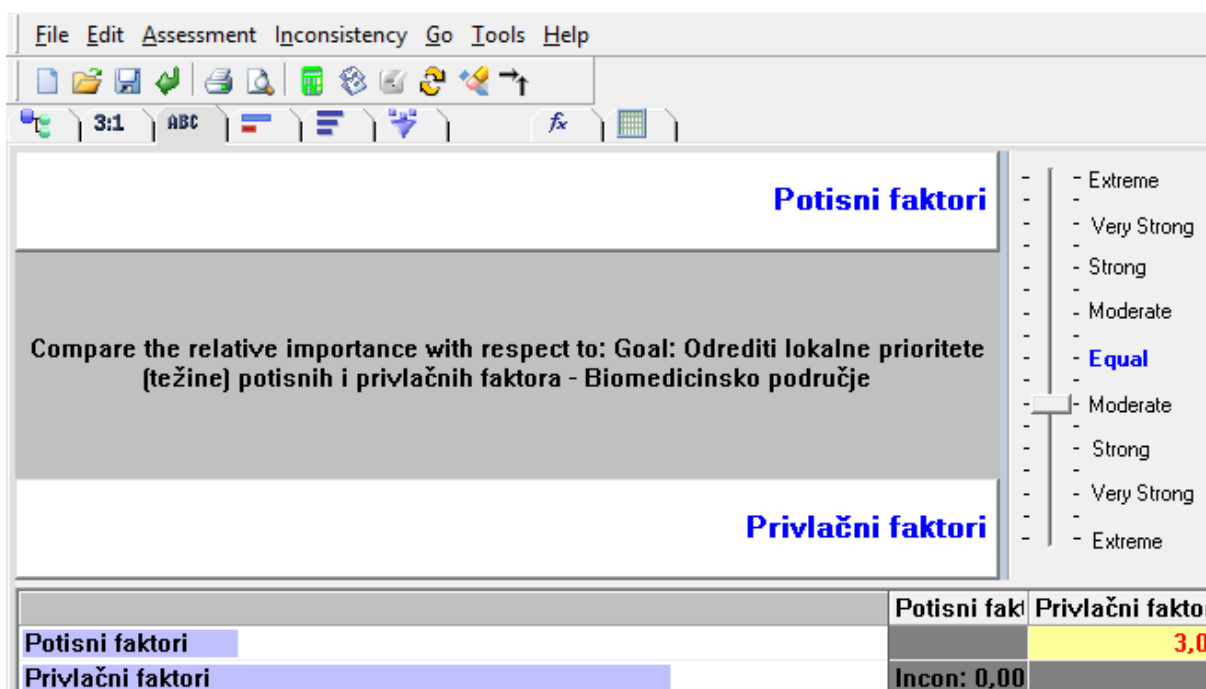
Slika 23 prikazuje procjenu omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“. Sa desne strane možete primjetiti Saaty-evu skalu.



Slika 24: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)

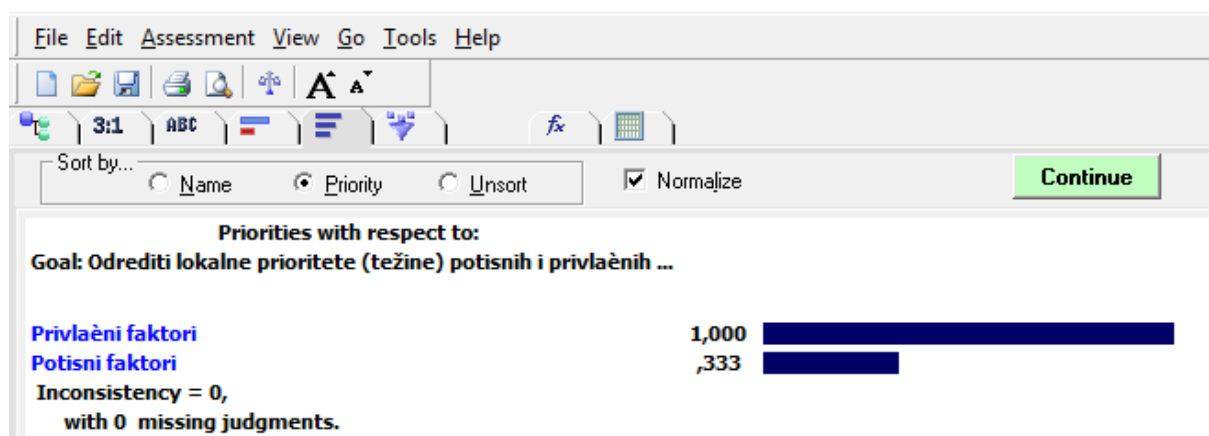
Na slici 24 prikazani su normalizirane vrijednosti prioriteta podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“. Najvažniji podkriterij je „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ te se sasvim blizu njega nalazi podkriterij „Prijatelji i društvene veze“. Kao manje važni podkriteriji dobiveni su „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“ te „Ljubav prema domovini“. Omjer konzistencije iznosi 0,08 stoga se procjene omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na promatrani kriterij „Privlačni faktori“ smatraju prihvatljivima.

Uspoređivanje kriterija u parovima



Slika 25: Procjena omjera relativnih važnosti kriterija za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)

Procjenu omjera relativnih važnosti kriterija možete vidjeti na slici 25.



Slika 26: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)

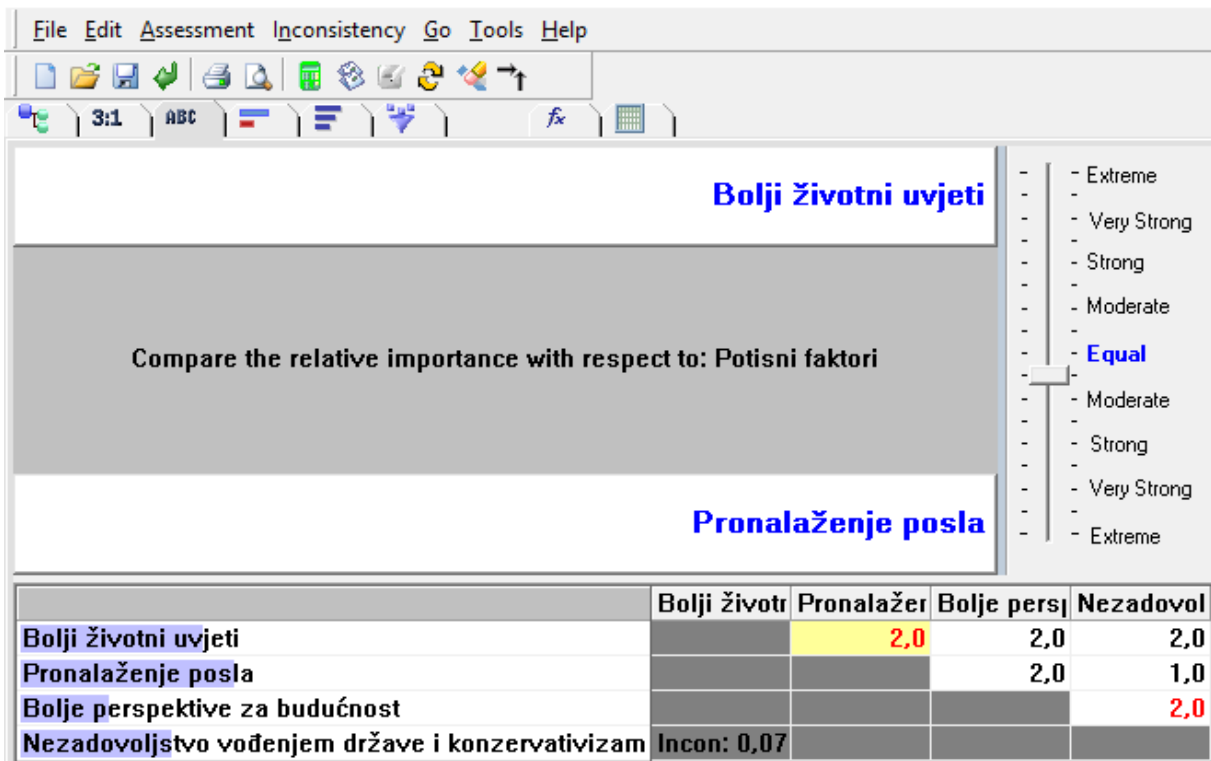
Kod usporedbe kriterija u parovima vidite da je kriterij „Privlačni faktori“ važniji od kriterija „Potisni faktori“.

6.2.3.2. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za biotehničko područje

Proces određivanje lokalnih prioriteta (težina) privlačnih i potisnih faktora za biotehničko područje, prikazati ćemo pomoću alata Expert Choice. Hijerarhijski model za biotehničko

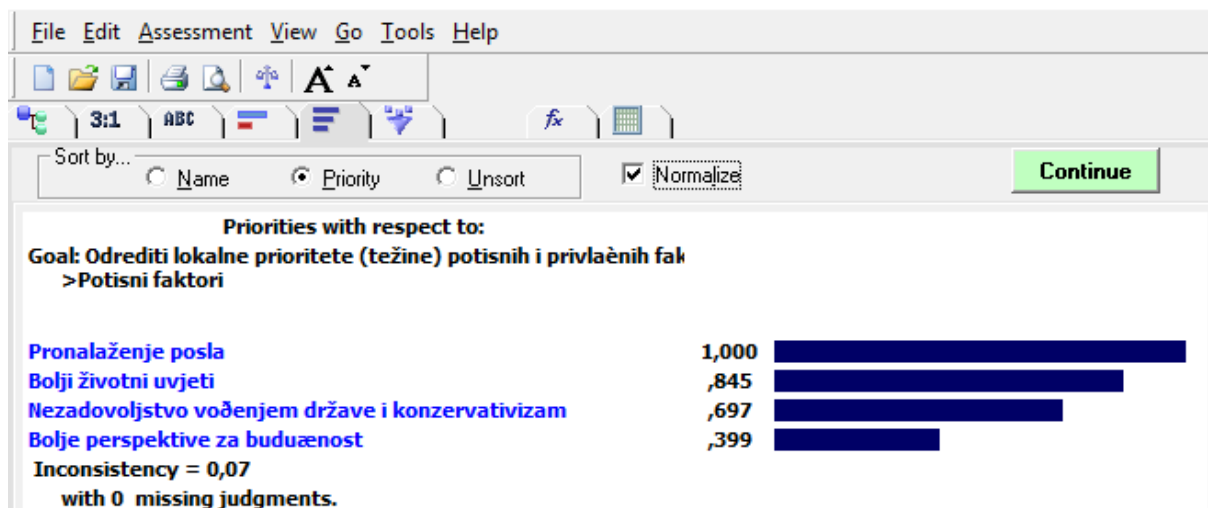
područje jednak je kao i model za biomedicinsko te ga zbog toga nećemo ponovno prikazivati.

Uspoređivanje podkriterija u parovima



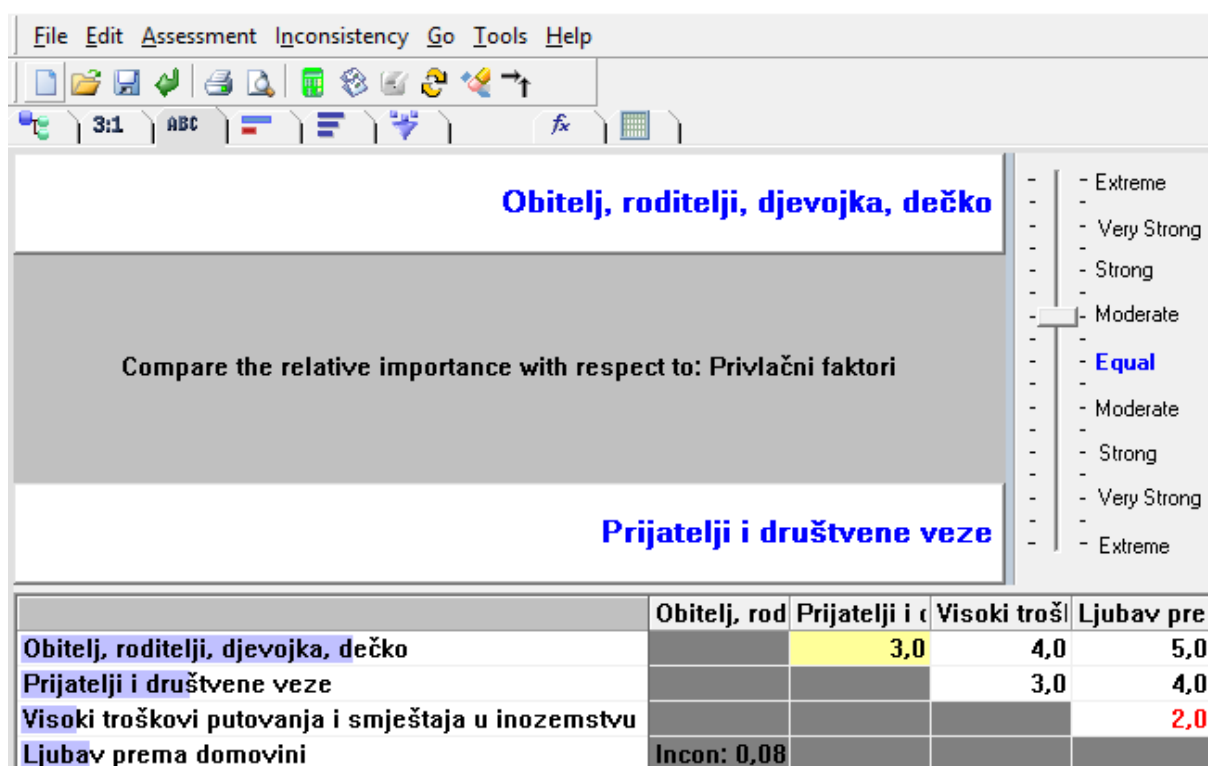
Slika 27: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 27 možete vidjeti procjenu omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za biotehničko znanstveno područje. Isto tako možete primijetiti da su brojevi na matrici crne i crvene boje. Uspoređujete li podkriterije „Bolji životni uvjeti“ i „Pronalaženje posla“ uočavate da je oznaka na skali bliže podkriteriju „Pronalaženje posla“ te je broj crvene boje. Kada bi situacija bila obrnuta (odnosno kada bi se oznaka na skali nalazila bliže podkriteriju „Bolji životni uvjeti“) broj bi bio crne boje. Omjer konzistencije je prihvatljiv.



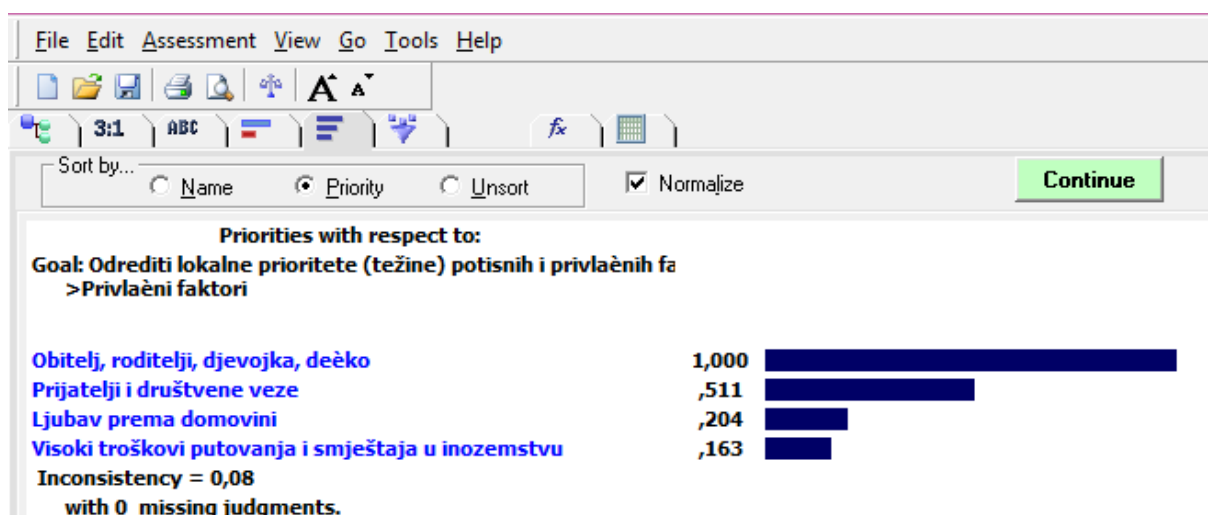
Slika 28: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 28 možete vidjeti normalizirane prioritete podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“. Najvažniji podkriterij je „Pronalaženje posla“, te ga slijede „Bolji životni uvjeti“, „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“ i „Bolje perspektive za budućnost“.



Slika 29: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)

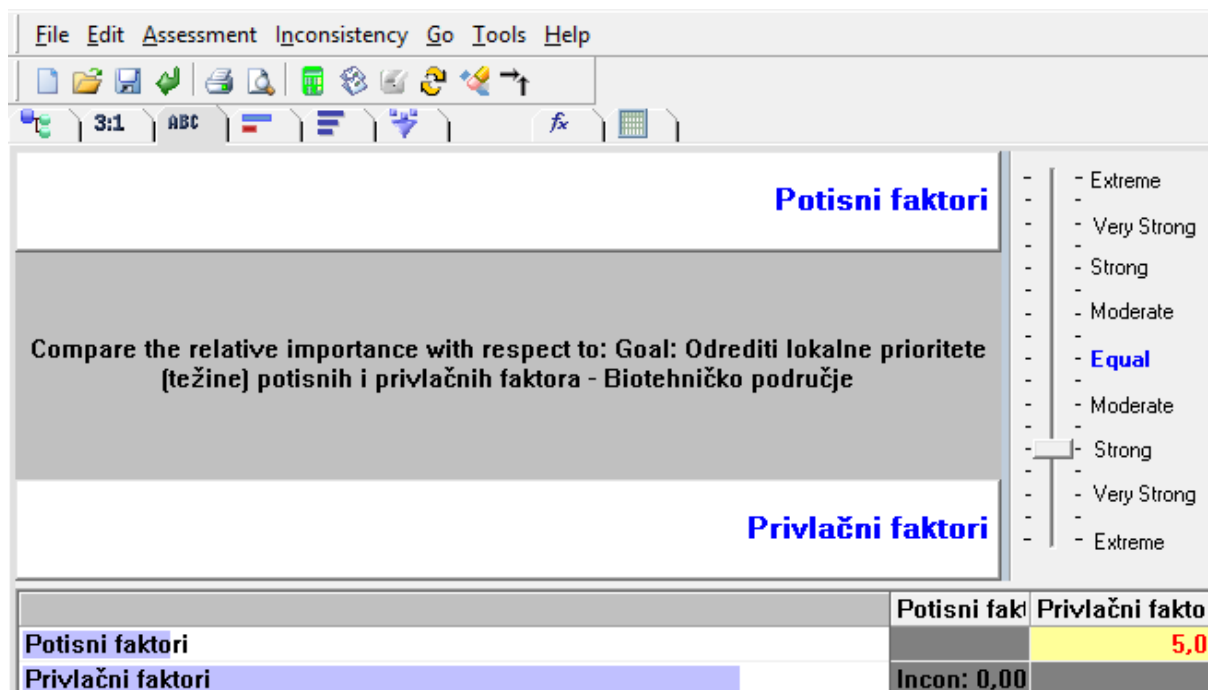
Na prethodnoj slici prikazane su procjene omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“.



Slika 30: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)

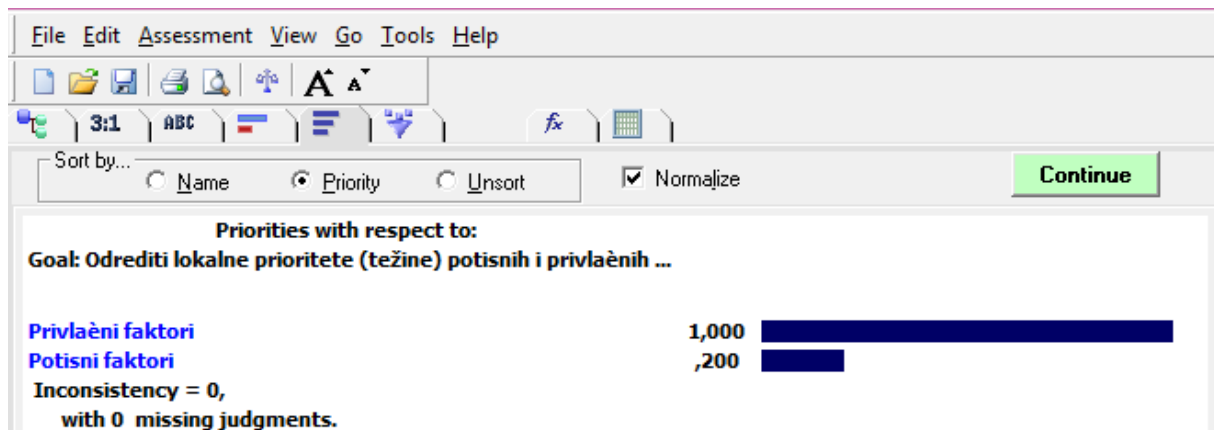
Na slici 30 nalaze se podkriteriji poredani po važnosti od najvažnijeg prema najmanje važnom: „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“, „Prijatelji i društvene veze“, „Ljubav prema domovini“ i „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“.

Uspoređivanje kriterija u parovima



Slika 31: Procjena omjera relativnih važnosti kriterija za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)

Eksperta biotehničkog područja procjenio je da je kriterij „Privlačni faktori“ 5 puta važniji od kriterija „Potisni faktori“ što možete vidjeti na slici 31.



Slika 32: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 32 nalaze se normalizirane vrijednosti prioriteta (težina) kriterija za biotehničko područje.

6.2.3.3. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za društveno područje

Postupak određivanja lokalnih prioriteta privlačnih i potisnih faktora za društveno područje prikazati ćemo pomoću programa Microsoft Excel 2010.

Uspoređivanje podkriterija u parovima

Najprije ćemo prikazati način izračunavanja prioriteta s obzirom na kriterij „Potisni faktori“. Kako bi mogli izračunati težine podkriteija iz njihovih procjenjenih omjera relativne važnosti najprije je potrebno izračunati sumu svakog stupca.

Tablica 12: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za društveno područje (Izvor: Autori rada)

	bolji životni uvjeti	pronalaženje posla	bolje perspektive za budućnost	nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam
bolji životni uvjeti	1,000	0,167	0,200	0,250
pronalaženje posla	6,000	1,000	3,000	2,000
bolje perspektive za budućnost	5,000	0,333	1,000	0,333
nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	4,000	0,500	3,000	1,000
SUMA:	16,000	2,000	7,200	3,583

Nakon toga potrebno je napraviti transformaciju podataka iz tablice odlučivanja na način da se svaki element tablice podijeli sa sumom stupca u kojem se nalazi. Taj postupak naziva se normalizacija pomoću sume, a transformacija podataka provodi se pomoću sljedeće formule (Sikavica i sur., 2014):

$$r_{ij} = \frac{f_j(a_i)}{\sum_i f_j(a_i)}$$

gdje je r_{ij} element normalizirane tablice, a $f_j(a_i)$ predstavlja promatranu vrijednost. Kada imamo normalizirane sve vrijednosti u tablici izračunavamo prosjek svakog retka koji predstavlja lokalne prioritete (težine) podkriterija.

Tablica 13: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za društveno područje (Izvor: Autori rada)

	bolji životni uvjeti	pronalaženje posla	bolje perspektive za budućnost	nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	PROSJEK SVAKOG RETKA:
bolji životni uvjeti	0,063	0,083	0,028	0,070	0,061
pronalaženje posla	0,375	0,500	0,417	0,558	0,462
bolje perspektive za budućnost	0,313	0,167	0,139	0,093	0,178
nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,250	0,250	0,417	0,279	0,299
SUMA:	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Najveći lokalni prioritet prema tome ima podkriterij „Pronalaženje posla“. Iza njega nalaze se podkriteriji „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“, „Bolje perspektive za budućnost“ i „Bolji životni uvjeti“.

Kako bi izračnali omjer konzistencije te odredili je li prihvatljivi, potrebno je odrediti (Briš – Alić, 2013):

1. vektore vagane sume,
2. vektore konzistencije,
3. najveću svojstvenu vrijednost (λ_{\max}),
4. indeks konzistencije (CI),
5. omjer konzistencije (CR).

**Tablica 14: Postupak određivanje omjera konzistencije za društveno područje - 1
(Izvor: Autori rada)**

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:	
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME	
	0,248
	1,959
	0,736
	1,307
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE	
	4,079
	4,235
	4,139
	4,372
3. ODREĐIVANJE λ_{\max}	
	4,206
4. ODREĐIVANJE INDEKSA KONZISTENCIJE (CI)	
	0,069
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE(CR)	
	0,077

Na isti način izračunati su prioriteti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“.

Tablica 15: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za društveno područje (Izvor: Autori rada)

	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	prijatelji i društvene veze	visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	ljubav prema domovini
obitelj, roditelji, djevojka, dečko	1,000	5,000	6,000	8,000
prijatelji i društvene veze	0,200	1,000	3,000	6,000
visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,167	0,333	1,000	1,000
ljubav prema domovini	0,125	0,167	1,000	1,000
SUMA:	1,492	6,500	11,000	16,000

U tablici 16 možete vidjeti da najveću lokalnu težinu ima podkriterij „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ te ga slijede „Prijatelji i društvene veze“, „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“ i „Ljubav prema domovini“.

**Tablica 16: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za društveno područje
(Izvor: Autori rada)**

	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	prijatelji i društvene veze	visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	ljubav prema domovini	PROSJEK SVAKOG RETKA:
obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,670	0,769	0,545	0,500	0,621
prijatelji i društvene veze	0,134	0,154	0,273	0,375	0,234
visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,112	0,051	0,091	0,063	0,079
ljubav prema domovini	0,084	0,026	0,091	0,063	0,066
SUMA:	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

U tablici 17 nalazi se postupak određivanja omjera konzistencije i njegova vrijednost.

**Tablica 17: Postupak određivanje omjera konzistencije za društveno područje - 2
(Izvor: Autori rada)**

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:	
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME	
	2,791
	0,990
	0,326
	0,261
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE	
	4,493
	4,231
	4,125
	3,979
3. ODREĐIVANJE λ_{\max}	
	4,207
4. ODREĐIVANJE INDEKSA KONZISTENCIJE (CI)	
	0,069
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE(CR)	
	0,078

Uspoređivanje kriterija u parovima

Procjenu omjera relativnih važnosti kriterija za društveno znanstveno područje možete vidjeti u tablici 18.

Tablica 18: Tablica odlučivanja kriterija za društveno područje (Izvor: Autori rada)

	privlačni faktori	potisni faktori
privlačni faktori	1,000	6,000
potisni faktori	0,167	1,000
SUMA:	1,167	7,000

U tablici 19 možete vidjeti prosjek svakog retka odnosno lokalne prioritete kriterija „Privlačni faktori“ i „Potisni faktori“ te zaključiti da veći prioritet ima kriterij „Privlačni faktori“.

Tablica 19: Usporedba kriterija za društveno područje (Izvor: Autori rada)

	privlačni faktori	potisni faktori	PROSJEK SVAKOG RETKA:
privlačni faktori	0,857	0,857	0,857
potisni faktori	0,143	0,143	0,143
SUMA:	1,000	1,000	1,000

U nastavku se nalazi proces izračunavanja omjera konzistencije. Saaty je pokazao, da ukoliko je donositelj odluke u potpunosti konzistentan tada treba vrijediti (Alonso i Lamata, 2006):

- $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} (\forall i, j, k),$
- $\lambda_{max} = n,$
- $CI = 0.$

**Tablica 20: Postupak određivanje omjera konzistencije za društveno područje - 3
(Izvor: Autori rada)**

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME
1,714
0,286
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE
2,000
2,000
3. ODREĐIVANJE λ_{\max}
2,000
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE (CR)
0,000

6.2.3.4. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za humanističko područje

Za humanističko područje, proces određivanja lokanih prioriteta faktora prikazat ćemo pomoću programa Microsoft Excel 2010.

Uspoređivanje podkriterija u parovima

Kako bi mogli izračunati težine podkriterija iz njihovih procjenjenih omjera relativne važnosti najprije je potrebno izračunati sumu svakog stupca. U tablici 21 nalazi se procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za humanističko područje.

Tablica 21: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za humanističko područje (Izvor: Autori rada)

	bolji životni uvjeti	pronalaženje posla	bolje perspektive za budućnost	nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam
bolji životni uvjeti	1,0000	4,0000	0,2000	0,2000
pronalaženje posla	0,2500	1,0000	0,1667	0,1667
bolje perspektive za budućnost	5,0000	6,0000	1,0000	2,0000
nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	5,0000	6,0000	0,5000	1,0000
SUMA:	11,2500	17,0000	1,8667	3,3667

Zatim radimo normalizaciju pomoću sume i kada imamo normalizirane sve vrijednosti u tablici izračunavamo prosjek svakog retka koji predstavlja lokalne prioritete podkriterija. U tablici 22 možete vidjeti da najveću lokalnu težinu ima podkriterij „Bolje perspektive za budućnost“ te ga slijede podkriteriji „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“, „Bolji životni uvjeti“ i „Pronalaženje posla“.

**Tablica 22: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za humanističko područje
(Izvor: Autori rada)**

	bolji životni uvjeti	pronalaženje posla	bolje perspektive za budućnost	nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	PROSJEK SVAKOG RETKA:
bolji životni uvjeti	0,0889	0,2353	0,1071	0,0594	0,1227
pronalaženje posla	0,0222	0,0588	0,0893	0,0495	0,0550
bolje perspektive za budućnost	0,4444	0,3529	0,5357	0,5941	0,4818
nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,4444	0,3529	0,2679	0,2970	0,3406
SUMA:	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Potom smo izračunali omjer konzistencije kako bismo vidjeli jesu li procjene eksperta prihvatljive.

Tablica 23: Postupak određivanje omjera konzistencije za humanističko područje - 1
(Izvor: Autori rada)

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME
0,507
0,223
2,106
1,525
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE
4,133
4,052
4,371
4,477
3. ODREĐIVANJE λ_{\max}
4,258
4. ODREĐIVANJE INDEKSA KONZISTENCIJE (CI)
0,086
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE(CR)
0,097

U tablici 24 nalazi se procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ eksperta humanističkog znanstvenog područja. Tablica 24 naziva se još i tablica odlučivanja.

Tablica 24: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za humanističko područje (Izvor: Autori rada)

	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	prijatelji i društvene veze	visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	ljubav prema domovini
obitelj, roditelji, djevojka, dečko	1,0000	0,3333	3,0000	5,0000
prijatelji i društvene veze	3,0000	1,0000	5,0000	6,0000
visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,3333	0,2000	1,0000	1,0000
ljubav prema domovini	0,2000	0,1667	1,0000	1,0000
SUMA:	4,5333	1,7000	10,0000	13,0000

Potom smo podatke iz tablice odlučivanja normalizirali pomoću sume. Ta normalizacija poznata je još pod nazivom normalizacija zbrojem. Dobiveni prosjeci svakog retka predstavljaju lokalne težine podkriterija. Najvažniji podkriterij s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ je „Prijatelji i društvene veze“, dok je najmanja težina dodijeljena podkriteriju „Ljubav prema domovini“.

Tablica 25: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za humanističko područje (Izvor: Autori rada)

	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	prijatelji i društvene veze	visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	ljubav prema domovini	PROSJEK SVAKOG RETKA:
obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,2206	0,1961	0,3000	0,3846	0,2753
prijatelji i društvene veze	0,6618	0,5882	0,5000	0,4615	0,5529
visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,0735	0,1176	0,1000	0,0769	0,0920
ljubav prema domovini	0,0441	0,0980	0,1000	0,0769	0,0798
SUMA:	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Izračunali smo omjer konzistencije i saznali da je prihvatljiv.

**Tablica 26: Postupak određivanje omjera konzistencije za humanističko područje - 2
(Izvor: Autori rada)**

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME
1,135
2,318
0,374
0,319
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE
4,121
4,192
4,066
3,999
3. ODREĐIVANJE I_{max}
4,094
4. ODREĐIVANJE INDEKSA KONZISTENCIJE (CI)
0,031
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE (CR)
0,035

Uspoređivanje kriterija u parovima

Procjenu omjera relativnih važnosti kriterija za humanističko znanstveno područje možete vidjeti u tablici 27.

Tablica 27: Tablica odlučivanja kriterija za humanističko područje (Izvor: Autori rada)

	privlačni faktori	potisni faktori
privlačni faktori	1,0000	3,0000
potisni faktori	0,3333	1,0000
SUMA:	1,3333	4,0000

Nakon transformacije kriterijskih vrijednosti i izračunavanja prosjeka svakog retka, možete uočiti da veću lokalnu težinu ima kriterij „Privlačni faktori“.

Tablica 28: Usporedba kriterija za humanističko područje (Izvor: Autori rada)

	privlačni faktori	potisni faktori	PROSJEK SVAKOG RETKA:
privlačni faktori	0,7500	0,7500	0,7500
potisni faktori	0,2500	0,2500	0,2500
SUMA:	1,0000	1,0000	1,0000

Kako bismo saznali da li je omjer konzistencije prihvatljiv najprije smo odredili vekore vagane sume i vektore konzistencije. Iz razloga što je naveća svojstvena vrijednost jednaka broju elementa koji uspoređujemo, omjer konzistencije iznosi 0.

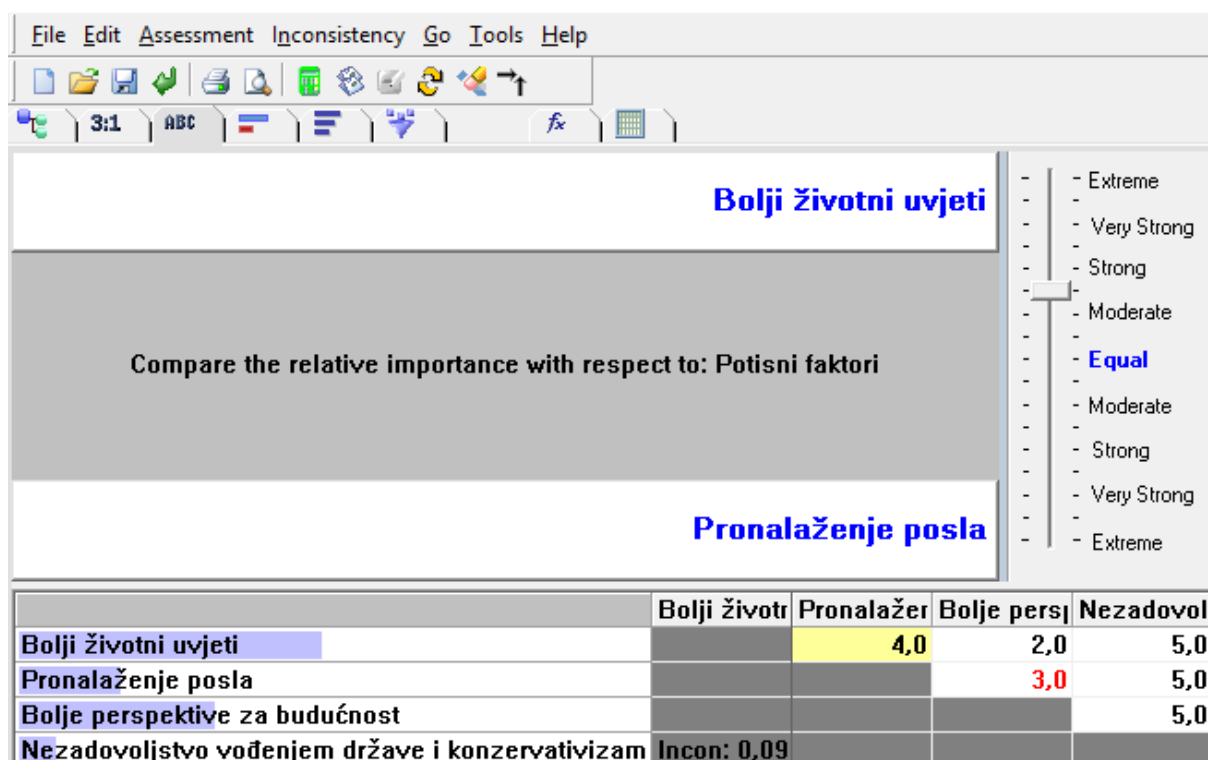
Tablica 29: Postupak određivanje omjera konzistencije za humanističko područje - 3
(Izvor: Autori rada)

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME
1,500
0,500
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE
2,000
2,000
3. ODREĐIVANJE λ_{\max}
2,000
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE (CR)
0,000

6.2.3.5. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za prirodoslovno područje

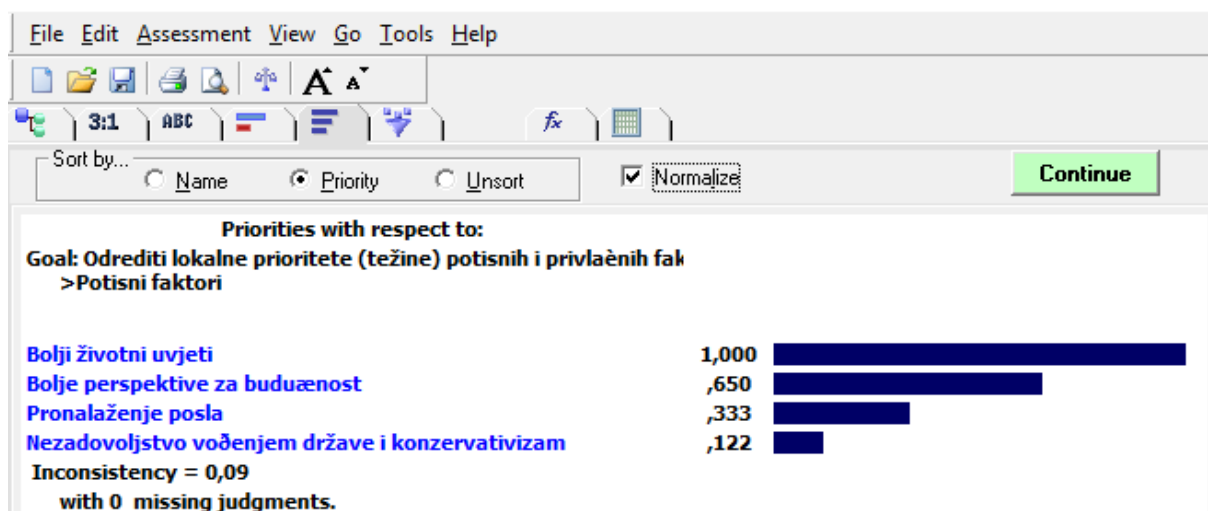
Proces određivanja lokalnih prioriteta faktora za prirodoslovno područje prikazat ćemo alatom Expert Choice, kao što smo to učinili za biomedicinsko i biotehničko područje.

Uspoređivanje podkriterija u parovima



Slika 33: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)

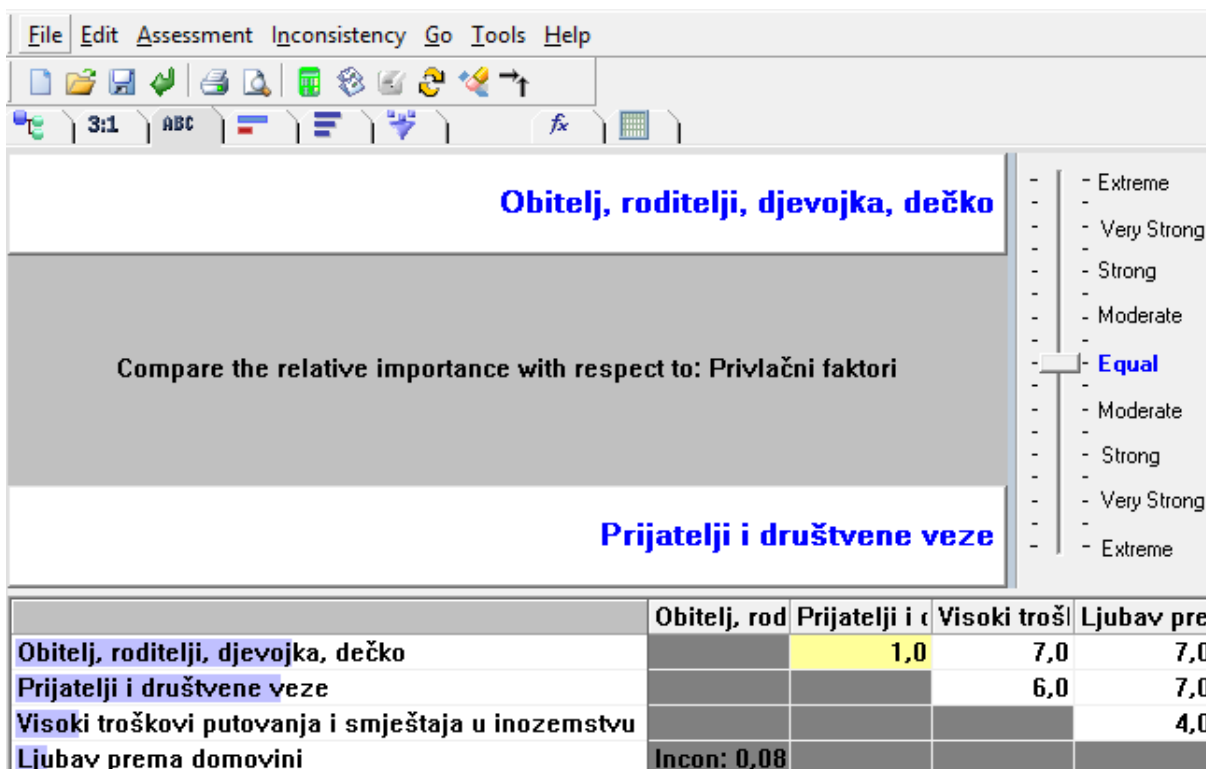
Na slici 33 nalazi se procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ koju smo dobili anketiranjem eksperta prirodoslovnog područja. Omjer konzistencije iznosi 0,09 što znači da su procjene omjera relativnih važnosti prihvatljive.



Slika 34: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)

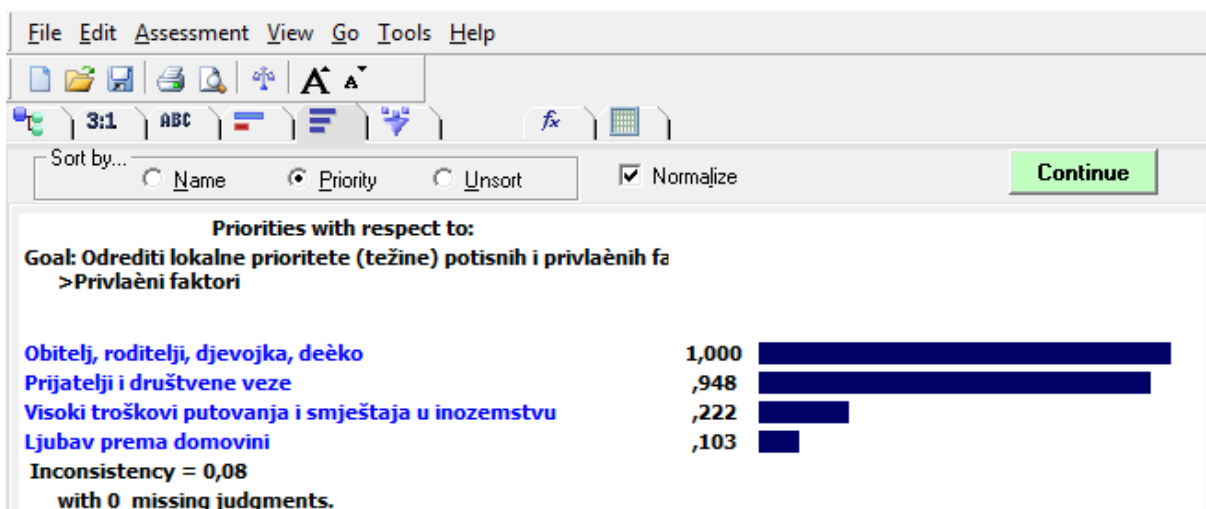
Na slici 34 nalaze se normalizirane vrijednosti prioriteta podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“. Najvažniji podkriterij je „Bolji životni uvjeti“ te ga slijede „Bolje

perspektive za budućnost“, „Pronalaženje posla“ i „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“.



Slika 35: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)

Procjene omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za prirodoslovno znanstveno područje možete vidjeti na slici 35.



Slika 36: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)

Prethodna slika prikazuje normalizirane lokalne vrijednosti prioriteta podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“. Podkriterij „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ najvažniji je. Drugi po važnosti jest podkriterij „Prijatelji i društvene veze“, a treći „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“. Najmanji lokalni prioritet ima podkriterij „Ljubav prema domovini“. Indeks konzistencije je prihvatljiv.

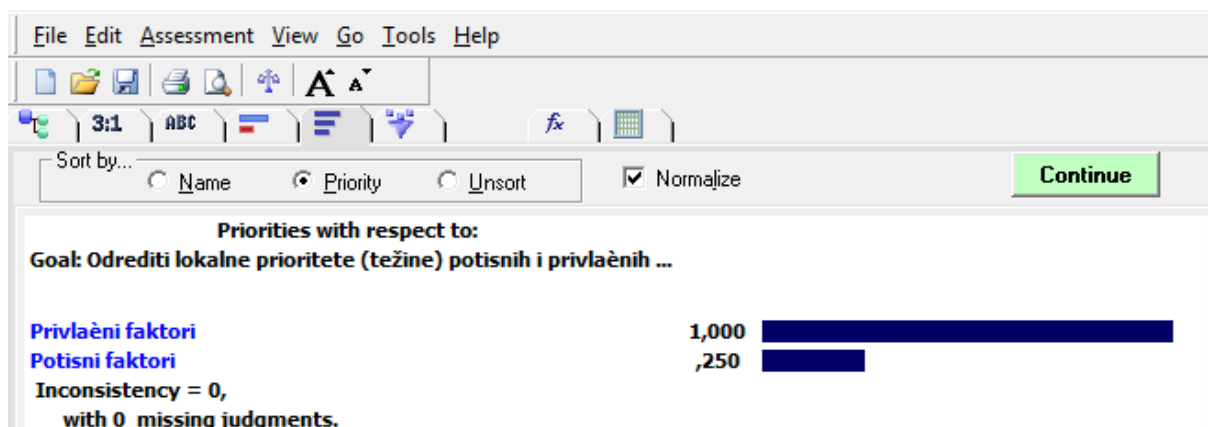
Uspoređivanje kriterija u parovima

The screenshot shows a software window with a menu bar (File, Edit, Assessment, Inconsistency, Go, Tools, Help) and a toolbar. The main area contains a comparison scale for two criteria: "Potisni faktori" (top) and "Privlačni faktori" (bottom). The scale ranges from "Extreme" to "Extreme" with "Equal" selected. The text in the center reads: "Compare the relative importance with respect to: Goal: Odrediti lokalne prioritete (težine) potisnih i privlačnih faktora - Prirodoslovno područje". Below the scale is a table with the following data:

	Potisni faktori	Privlačni faktori
Potisni faktori		4,0
Privlačni faktori	Incon: 0,00	

Slika 37: Procjena omjera relativnih važnosti kriterija za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)

Kod procjene omjera relativnih važnosti kriterija „Privlačni faktori“ i „Potisni faktori“, ekspert prirodoslovnog područja procjenio je da su „Privlačni faktori“ 4 puta važniji od „Potisnih faktora“.



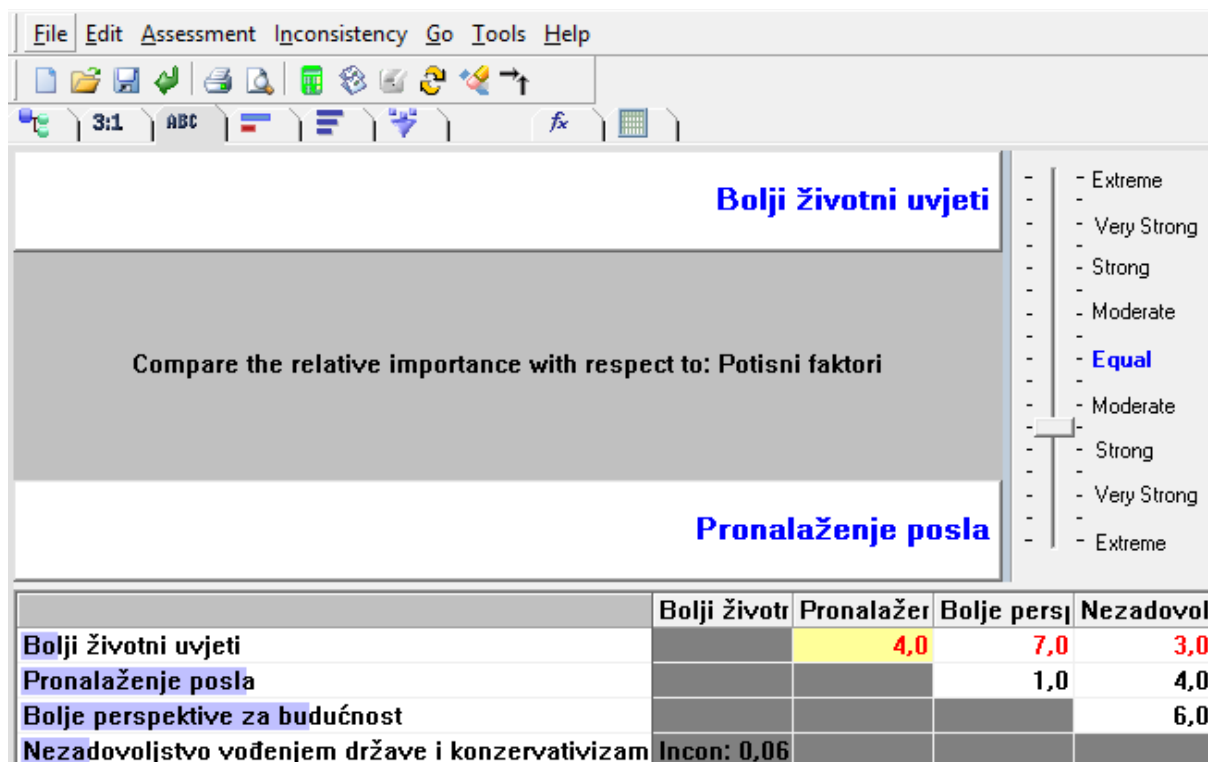
Slika 38: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 38 prikazane su normalizirane vrijednosti lokalnih prioriteta kriterija.

6.2.3.6. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za tehničko područje

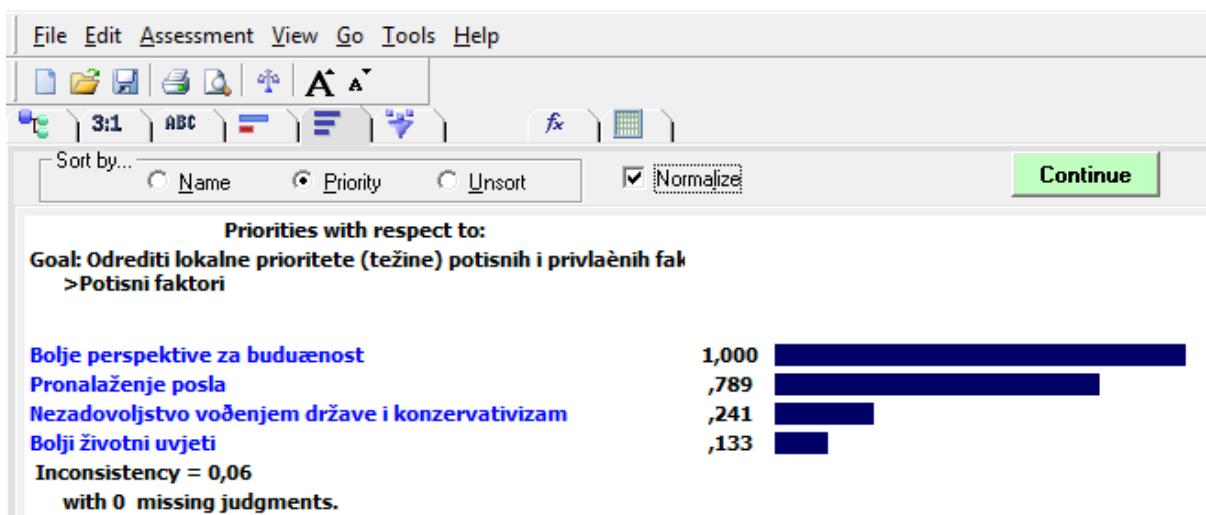
Još jednom ćemo iskoristiti mogućnosti alata Expert Choice za određivanje prioriteta privlačnih i potisnih faktora za tehničko područje.

Uspoređivanje podkriterija u parovima



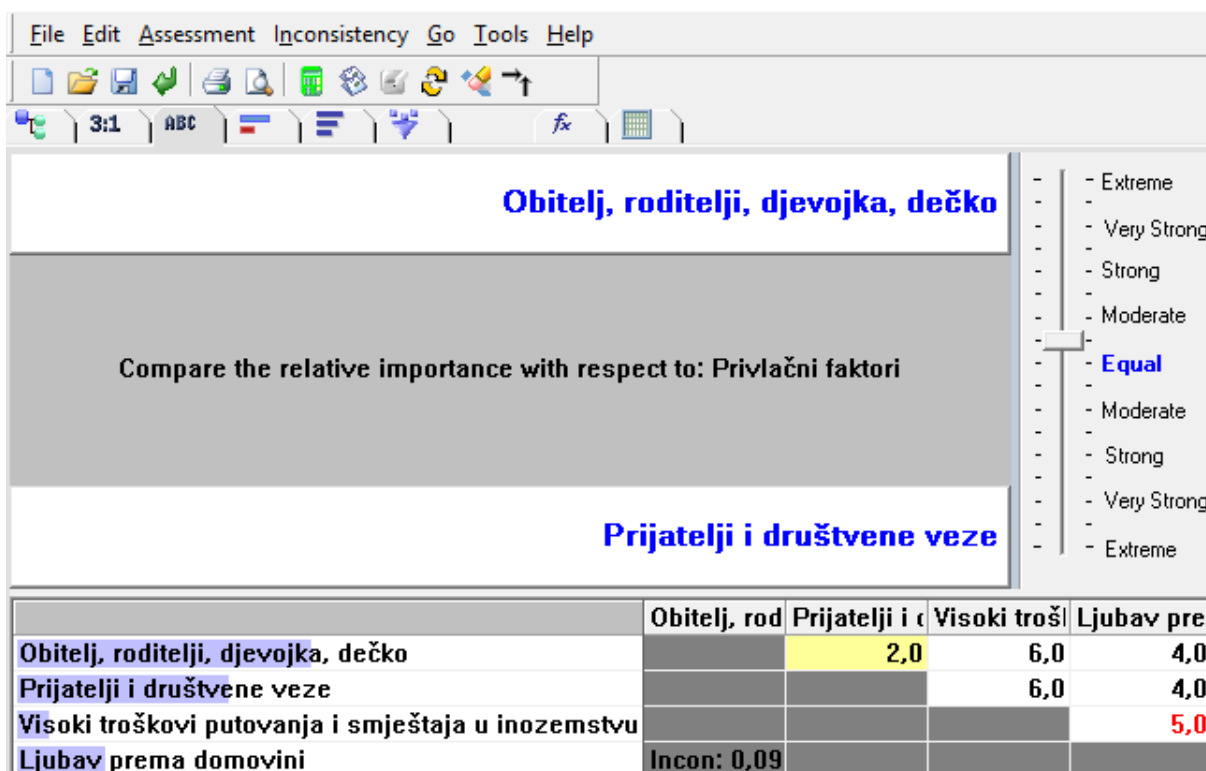
Slika 39: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada)

Procjene omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ eksperta tehničkog područja dane su na slici 39.



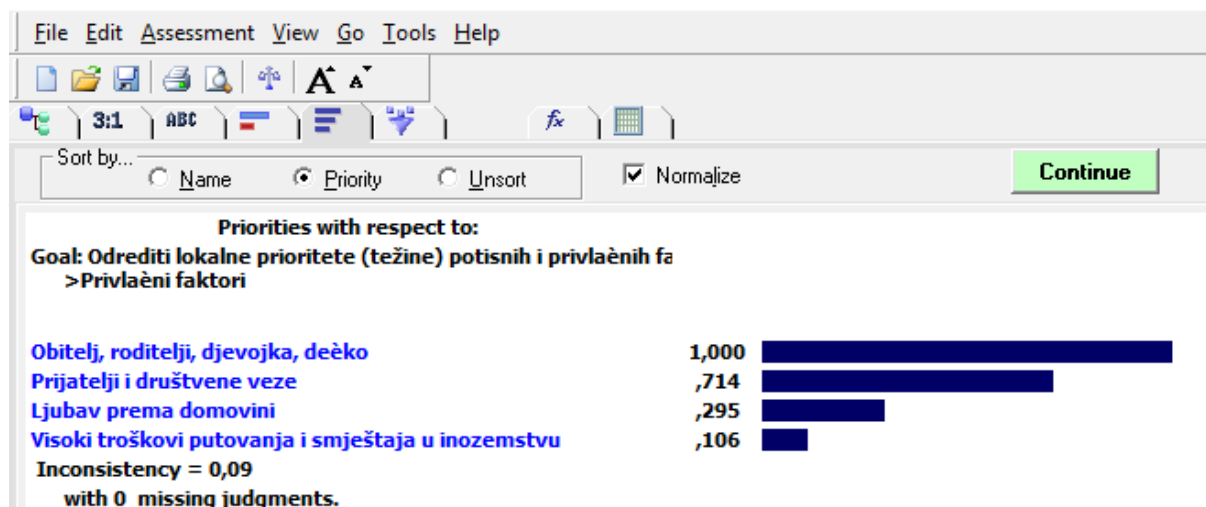
Slika 40: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada)

Procjene omjera relativnih važnosti podkriterija u parovima prihvaljive su s obzirom da je $CR \leq 0,1$. Najveća lokalna težina dodijeljena je podkriteriju „Bolje perspektive za budućnost“. Drugu najveću težinu ima podkriterij „Pronalaženje posla“. Podkriteriji sa najnižim lokalnim težinama su „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“ i „Bolji životni uvjeti“.



Slika 41: Procjena omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada)

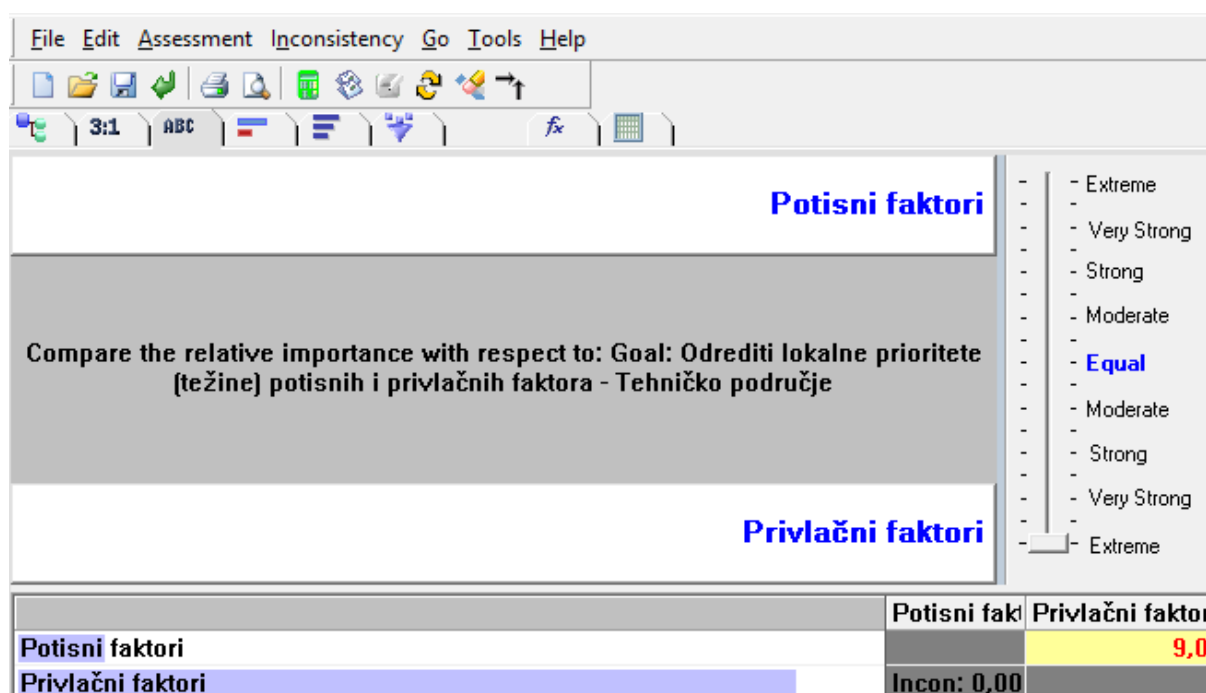
Prethodna procjena omjera relativnih važnosti u parovima odnosi se na procjene podkriterije s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“.



Slika 42: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za tehničko područje (Izvor: Autori rada)

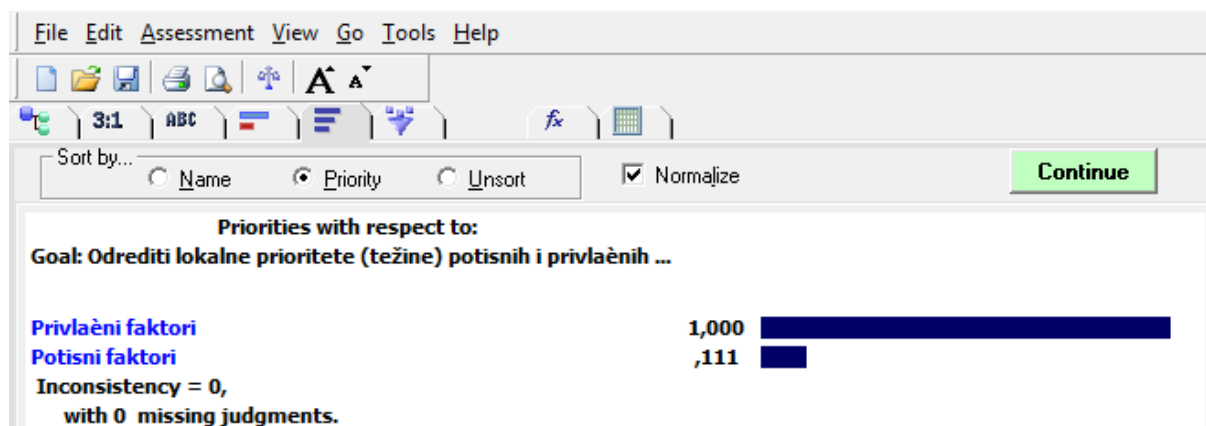
Na slici 42 možete vidjeti normalizirane vrijednosti lokalnih prioriteta podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“. Prioriteti podkriterija od najvećeg prema najmanjem: „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“, „Prijatelji i društvene veze“, „Ljubav prema domovini“, „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“.

Uspoređivanje kriterija u parovima



Slika 43: Procjena omjera relativnih kriterija za tehničko područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 43 možete vidjeti procjene omjera relativnih važnosti kriterija i omjer konzistencije koji je prihvatljiv.



Slika 44: Prikaz uspoređivanja kriterija u parovima u odnosu na postavljeni cilj za tehničko područje (Izvor: Autori rada)

Na slici 44 možete vidjeti da veću važnost ima kriterij „Privlačni faktori“ od kriterija „Potisni faktori“.

6.2.3.7. Određivanje lokalnih prioriteta faktora za umjetničko područje

Postupak određivanja lokalnih prioriteta (težina) privlačnih i potisnih faktora za umjetničko područje prikazati ćemo pomoću programa Microsoft Excel 2010.

Uspoređivanje podkriterija u parovima

Tablica 30 predstavlja tablicu odlučivanja u kojoj se nalaze procjene omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“. Prije izračuna lokalne težine podkriterija, potrebno je izračunati sumu svakog stupca u tablici odlučivanja.

Tablica 30: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Potisni faktori“ za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)

	bolji životni uvjeti	pronalaženje posla	bolje perspektive za budućnost	nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam
bolji životni uvjeti	1,0000	2,0000	2,0000	2,0000
pronalaženje posla	0,5000	1,0000	1,0000	2,0000
bolje perspektive za budućnost	0,5000	1,0000	1,0000	2,0000
nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000
SUMA:	2,5000	4,5000	4,5000	7,0000

U tablici 31 nalaze se normalizirane vrijednosti temeljem kojih se izračunava prosjek svakog retka odnosno lokana težina podkriterija. Na sljedećoj tablici možete uočiti da najveću težinu ima podkriterij „Bolji životni uvjeti“, a najmanju podkriterij „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“.

**Tablica 31: Usporedba podkriterija kriterij „Potisni faktori“ za umjetničko područje
(Izvor: Autori rada)**

	bolji životni uvjeti	pronalaženje posla	bolje perspektive za budućnost	nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	PROSJEK SVAKOG RETKA:
bolji životni uvjeti	0,4000	0,4444	0,4444	0,2857	0,3937
pronalaženje posla	0,2000	0,2222	0,2222	0,2857	0,2325
bolje perspektive za budućnost	0,2000	0,2222	0,2222	0,2857	0,2325
nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,2000	0,1111	0,1111	0,1429	0,1413
SUMA:	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

U tablici 32 nalazi se postupak određivanja omjera konzistencije i njegova vrijednost.

**Tablica 32: Postupak određivanje omjera konzistencije za umjetničko područje - 1
(Izvor: Autori rada)**

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME
1,606
0,944
0,944
0,571
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE
4,081
4,061
4,061
4,039
3. ODREĐIVANJE I_{max}
4,061
4. ODREĐIVANJE INDEKSA KONZISTENCIJE (CI)
0,020
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE (CR)
0,023

U sljedećoj tablici možete vidjeti procjenu omjera relativnih važnosti podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za umjetničko znanstveno područje.

Tablica 33: Tablica odlučivanja podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“ za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)

	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	prijatelji i društvene veze	visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	ljubav prema domovini
obitelj, roditelji, djevojka, dečko	1,0000	4,0000	3,0000	3,0000
prijatelji i društvene veze	0,2500	1,0000	2,0000	2,0000
visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,3333	0,5000	1,0000	2,0000
ljubav prema domovini	0,3333	0,5000	0,5000	1,0000
SUMA:	1,9167	6,0000	6,5000	8,0000

Za svaki stupac u prethodnoj tablici izračunata je suma, kako bismo u nastavku mogli transformirati kriterijske vrijednosti normalizacijom pomoću sume. U tablici 34 izračunat je prosjek svakog retka koji ujedno predstavlja težinu podkriterija s obzirom na kriterij „Privlačni faktori“. Možete vidjeti da je najvažniji podkriterij „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“, a slijede ga podkriteriji „Prijatelji i društvene veze“, „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“ i „Ljubav prema domovini“.

**Tablica 34: Usporedba podkriterija kriterij „Privlačni faktori“ za umjetničko područje
(Izvor: Autori rada)**

	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	prijatelji i društvene veze	visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	ljubav prema domovini	PROSJEK SVAKOG RETKA:
obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,5217	0,6667	0,4615	0,3750	0,5062
prijatelji i društvene veze	0,1304	0,1667	0,3077	0,2500	0,2137
visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,1739	0,0833	0,1538	0,2500	0,1653
ljubav prema domovini	0,1739	0,0833	0,0769	0,1250	0,1148
SUMA:	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Omjer konzistencije izračunali smo na sljedeći način, kako bismo saznali jesu li pocjene u parovima eksperta umjetničkog znanstvenog područja prihvatljive.

**Tablica 35: Postupak određivanje omjera konzistencije za umjetničko područje - 2
(Izvor: Autori rada)**

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:	
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME	
	2,201
	0,900
	0,670
	0,473
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE	
	4,348
	4,213
	4,057
	4,121
3. ODREĐIVANJE l_{max}	
	4,185
4. ODREĐIVANJE INDEKSA KONZISTENCIJE (CI)	
	0,062
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE(CR)	
	0,069

Uspoređivanje kriterija u parovima

Procjenu omjera relativnih važnosti kriterija za umjetničko znanstveno područje možete vidjeti u tablici 36.

Tablica 36: Tablica odlučivanja kriterija za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)

	privlačni faktori	potisni faktori
privlačni faktori	1,0000	0,2500
potisni faktori	4,0000	1,0000
SUMA:	5,0000	1,2500

Nakon transformacije kriterijskih vrijednosti i izračunavanja prosjeka svakog retka, možete uočiti da veću lokalnu težinu ima kriterij „Potisni faktori“.

Tablica 37: Usporedba kriterija za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)

	privlačni faktori	potisni faktori	PROSJEK SVAKOG RETKA:
privlačni faktori	0,2000	0,2000	0,2000
potisni faktori	0,8000	0,8000	0,8000
SUMA:	1,0000	1,0000	1,0000

Kako bismo saznali da li je omjer konzistencije prihvatljiv najprije smo odredili vekore vagane sume i vektore konzistencije. Iz razloga što je naveća svojstvena vrijednost jednaka broju elementa koji uspoređujemo, omjer konzistencije iznosi 0.

**Tablica 38: Postupak određivanje omjera konzistencije za umjetničko područje - 3
(Izvor: Autori rada)**

ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE:
1. ODREĐIVANJE VEKTORA VAGANE SUME
0,400
1,600
2. ODREĐIVANJE VEKTORA KONZISTENCIJE
2,000
2,000
3. ODREĐIVANJE λ_{\max}
2,000
5. ODREĐIVANJE OMJERA KONZISTENCIJE (CR)
0,000

6.2.4. Uspoređivanje prioriteta faktora po znanstvenim područjima

Motivirani istraživanjem Chena (2006) odlučili smo usporediti privlačne i potisne faktore s obzirom na njihove lokalne i globalne težine. Lokalna težina (prioritet) proizlazi iz procjene obzirom na pojedinačni kriteriji, a globalna težina (prioritet) dobiva se množenjem težina kriterija (Chen, 2006). U nastavku rada prikazati ćemo lokalne i globalne težine faktora prema znanstvenom području studiranja ispitanika.

Na temelju procjene eksperta biomedicinskog znanstvenog područja došli smo do zaključka kako su privlačni faktori važniji od potisnih, što možemo vidjeti u tablici 39 gledamo li lokalne težine kriterija. Gledamo li lokalno rangiranje, uočavamo kako su najvažniji faktori: „Bolji životni uvjeti“ koji pripada skupini potisnih faktora i „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ koji pripada skupini privlačnih faktora. Najmanje važni faktori prema lokalnom rangiranju su „Ljubav prema domovini“ i „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“. Prema globalnom rangiranju najvažniji faktori su „Obitelj, roditelji,

djevojka, dečko“ i „Prijatelji i društvene veze“, a najmanje prioritet imaju „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“ i „Ljubav prema domovini“.

Tablica 39: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za biomedicinsko područje (Izvor: Autori rada)

KRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	PODKRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	LOKALNO RANGIRANJE	GLOBALNE TEŽINE	GLOBALNO RANGIRANJE
potisni faktori	0,250	bolji životni uvjeti	0,487	1	0,122	3
		pronalaženje posla	0,127	5	0,032	6
		bolje perspektive za budućnost	0,343	4	0,086	4
		nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,044	7	0,011	8
privlačni faktori	0,750	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,452	2	0,339	1
		prijatelji i društvene veze	0,423	3	0,317	2
		visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,086	6	0,065	5
		ljubav prema domovini	0,039	8	0,029	7

Ekspert prirodoslovnog znanstvenog područja izjasnio se kao i ekspert biomedicinskog područja kako su privlačni faktori važniji od potisnih. Prema lokanom rangiranju najvažniji faktori su: „Bolji životni uvjeti“ koji pripada skupini potisnih faktora i „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ koji pripada skupini privlačnih faktora. Najmanje važni faktori prema lokanom rangiranju za prirodoslovno područje su „Ljubav prema domovini“ i „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“. Zaključujemo kako su za

biomedicinsko i prirodoslovno područje prema lokalnom rangiranju jednaki najvažniji i najmanje važni faktori. Isto tako, prema globalnom rangiranju najvažniji faktori prirodoslovnog područja jednaki su biomedicinskom. Faktori sa najmanjim globalnim prioritetom za prirodoslovno područje su „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“ i „Pronalaženje posla“.

Tablica 40: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za prirodoslovno područje (Izvor: Autori rada)

KRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	PODKRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	LOKALNO RANGIRANJE	GLOBALNE TEŽINE	GLOBALNO RANGIRANJE
potisni faktori	0,200	bolji životni uvjeti	0,470	1	0,094	3
		pronalaženje posla	0,164	5	0,033	7
		bolje perspektive za budućnost	0,304	4	0,061	5
		nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,062	7	0,012	8
privlačni faktori	0,800	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,433	2	0,346	1
		prijatelji i društvene veze	0,415	3	0,332	2
		visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,104	6	0,083	4
		ljubav prema domovini	0,049	8	0,039	6

Analizom dobivenih procjena eksperta biotehničkog područja došli smo do rezultata kako su privlačni faktori važniji od potisnih. S obzirom na lokalno rangiranje faktori sa najvišim prioritetom su „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ i „Pronalaženje posla“, a faktori sa najnižim prioritetom su „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“ i „Ljubav

prema domovini“. Uočavamo kako su najvažniji faktori prema globalnom rangiranju jednaki u svim do sad opisanim znanstvenim područjima. Faktori sa najmanjim globalnim prioritetom za biotehničko područje su „Bolje perspektive za budućnost“ i „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“.

Tablica 41: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za biotehničko područje (Izvor: Autori rada)

KRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	PODKRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	LOKALNO RANGIRANJE	GLOBALNE TEŽINE	GLOBALNO RANGIRANJE
potisni faktori	0,167	bolji životni uvjeti	0,287	3	0,048	6
		pronalaženje posla	0,335	2	0,056	5
		bolje perspektive za budućnost	0,136	6	0,023	8
		nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,242	5	0,040	7
privlačni faktori	0,833	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,523	1	0,436	1
		prijatelji i društvene veze	0,272	4	0,226	2
		visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,090	8	0,075	4
		ljubav prema domovini	0,115	7	0,096	3

Kao i u svim do sada opisanim znanstvenim područjima, privlačni faktori za društveno područje važniji su od potisnih. Isto kao i kod biotehničkog područja, s obzirom na lokalno rangiranje faktori sa najvišim prioritetom su „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ i „Pronalaženje posla“. Faktori s najnižim prioritetom s obzirom na lokano rangiranje su „Bolji životni uvjeti“ i „Ljubav prema domovini“. Uočavamo kako su najvažniji faktori prema globalnom rangiranju jednaki u svim do sad opisanim znanstvenim područjima. Prema

globalnom rangiranju, faktori s najmanjim prioritetom su „Bolji životni uvjeti“ i „Bolje perspektive za budućnost“.

**Tablica 42: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za društveno područje
(Izvor: Autori rada)**

KRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	PODKRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	LOKALNO RANGIRANJE	GLOBALNE TEŽINE	GLOBALNO RANGIRANJE
potisni faktori	0,143	bolji životni uvjeti	0,061	8	0,009	8
		pronalaženje posla	0,462	2	0,066	4
		bolje perspektive za budućnost	0,178	5	0,025	7
		nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,299	3	0,043	6
privlačni faktori	0,857	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,621	1	0,533	1
		prijatelji i društvene veze	0,234	4	0,200	2
		visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,079	6	0,068	3
		ljubav prema domovini	0,066	7	0,056	5

Na temelju procjene eksperta humanističko znanstvenog područja došli smo do zaključka kako su privlačni faktori važniji od potisnih, što možemo vidjeti u tablici 43 gledamo li lokalne težine kriterija. Gledamo li lokalno rangiranje, uočavamo kako su najvažniji faktori: „Prijatelji i društvene veze“ koji pripada skupini privlačnih faktora i „Bolje perspektive za budućnost“ koji pripada skupini potisnih faktora. Najmanje važni faktori prema lokalnom rangiranju su „Pronalaženje posla“ i „Ljubav prema domovini“. Prema globalnom rangiranju

došlo je do izmijene kod najvažniji faktori sada faktor „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ zauzima drugo mjesto, a „Prijatelji i društvene veze“ prvo mjesto. Najmanji prioritet prema globalnom rangiranju imaju „Pronalaženje posla“ i „Bolji životni uvjeti“.

Tablica 43: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za humanističko područje (Izvor: Autori rada)

KRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	PODKRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	LOKALNO RANGIRANJE	GLOBALNE TEŽINE	RANGIRANJE
potisni faktori	0,250	bolji životni uvjeti	0,123	5	0,031	7
		pronalaženje posla	0,055	8	0,014	8
		bolje perspektive za budućnost	0,482	2	0,120	3
		nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,341	3	0,085	4
privlačni faktori	0,750	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,275	4	0,206	2
		prijatelji i društvene veze	0,553	1	0,415	1
		visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,092	6	0,069	5
		ljubav prema domovini	0,080	7	0,060	6

Analizom dobivenih procjena eksperta tehničkog područja došli smo do rezultata kako su privlačni faktori važniji od potisnih. S obzirom na lokalno rangiranje faktori sa najvišim prioritetom su „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ i „Bolje perspektive za budućnost“, a faktori sa najnižim prioritetom su „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“ i „Bolji životni uvjeti“. Uočavamo kako su najvažniji faktori prema globalnom rangiranju

jednaki u svim do sad opisanim znanstvenim područjima osim u humanističkom području. Faktori sa najmanjim globalnim prioritetom za biotehničko područje su „Bolji životni uvjeti“ i „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“.

**Tablica 44: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za tehničko područje
(Izvor: Autori rada)**

KRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	PODKRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	LOKANO RANGIRANJE	GLOBALNE TEŽINE	GLOBALNO RANGIRANJE
potisni faktori	0,100	bolji životni uvjeti	0,064	7	0,006	8
		pronalaženje posla	0,363	3	0,036	6
		bolje perspektive za budućnost	0,457	2	0,046	5
		nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,115	6	0,012	7
privlačni faktori	0,900	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,469	1	0,422	1
		prijatelji i društvene veze	0,330	4	0,297	2
		visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,053	8	0,048	4
		ljubav prema domovini	0,148	5	0,133	3

Na temelju procjene eksperta umjetničkog znanstvenog područja došli smo do zaključka kako su potisni faktori važniji od privlačnih, što možemo vidjeti u tablici 45 gledamo li lokalne težine kriterija. Jedino su kod umjetničkog područja potisni faktori važniji od privlačnih. Gledamo li lokalno rangiranje, uočavamo kako su najvažniji faktori: „Obitelj, roditelji, djevojka, dečko“ i „Bolji životni uvjeti“. Najmanje važni faktori prema lokalnom rangiranju su

„Ljubav prema domovini“ i „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“. Prema globalnom rangiranju došlo je do značajne izmijene kod najvažniji faktora, sada faktori „Bolji životni uvjeti“ i „Pronalaženje posla“ imaju najveću težinu. Najmanji prioritet prema globalnom rangiranju imaju „Ljubav prema domovini“ i „Visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu“.

Tablica 45: Lokalna i globalna težina kriterija i podkriterija za umjetničko područje (Izvor: Autori rada)

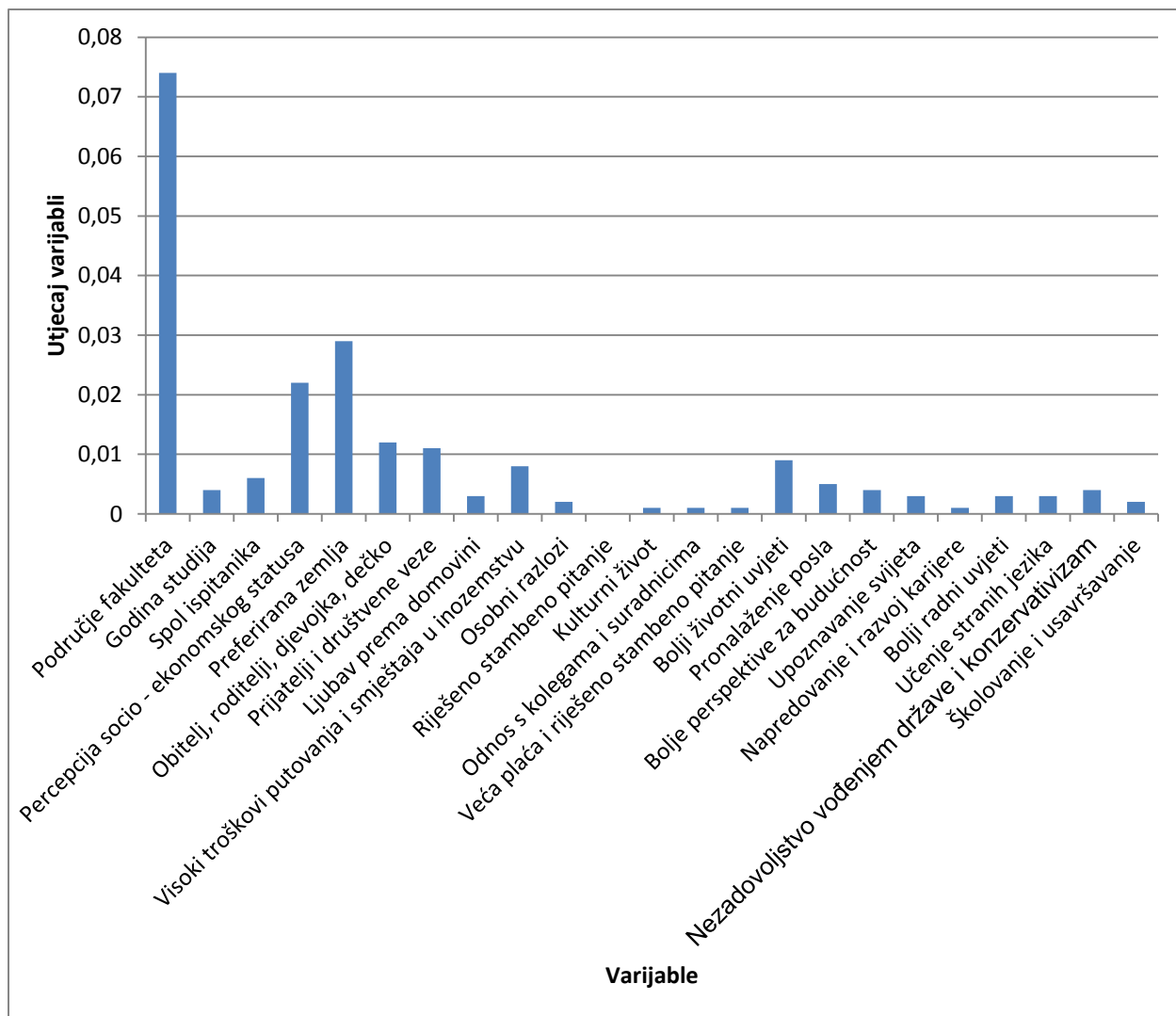
KRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	PODKRITERIJI	LOKALNE TEŽINE	LOKALNO RANGIRANJE	GLOBALNE TEŽINE	RANGIRANJE
potisni faktori	0,800	bolji životni uvjeti	0,394	2	0,315	1
		pronalaženje posla	0,233	3	0,186	2
		bolje perspektive za budućnost	0,233	3	0,186	2
		nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam	0,141	7	0,113	4
privlačni faktori	0,200	obitelj, roditelji, djevojka, dečko	0,506	1	0,101	5
		prijatelji i društvene veze	0,214	5	0,043	6
		visoki troškovi putovanja i smještaja u inozemstvu	0,165	6	0,033	7
		ljubav prema domovini	0,115	8	0,023	8

7. Diskusija rezultata

U ovom djelu rada opisat ćemo rezultate testiranja hipoteza (H1, H2, H3) te usporediti dobivene rezultate s drugim sličnim istraživanjima provedenima u RH i svijetu.

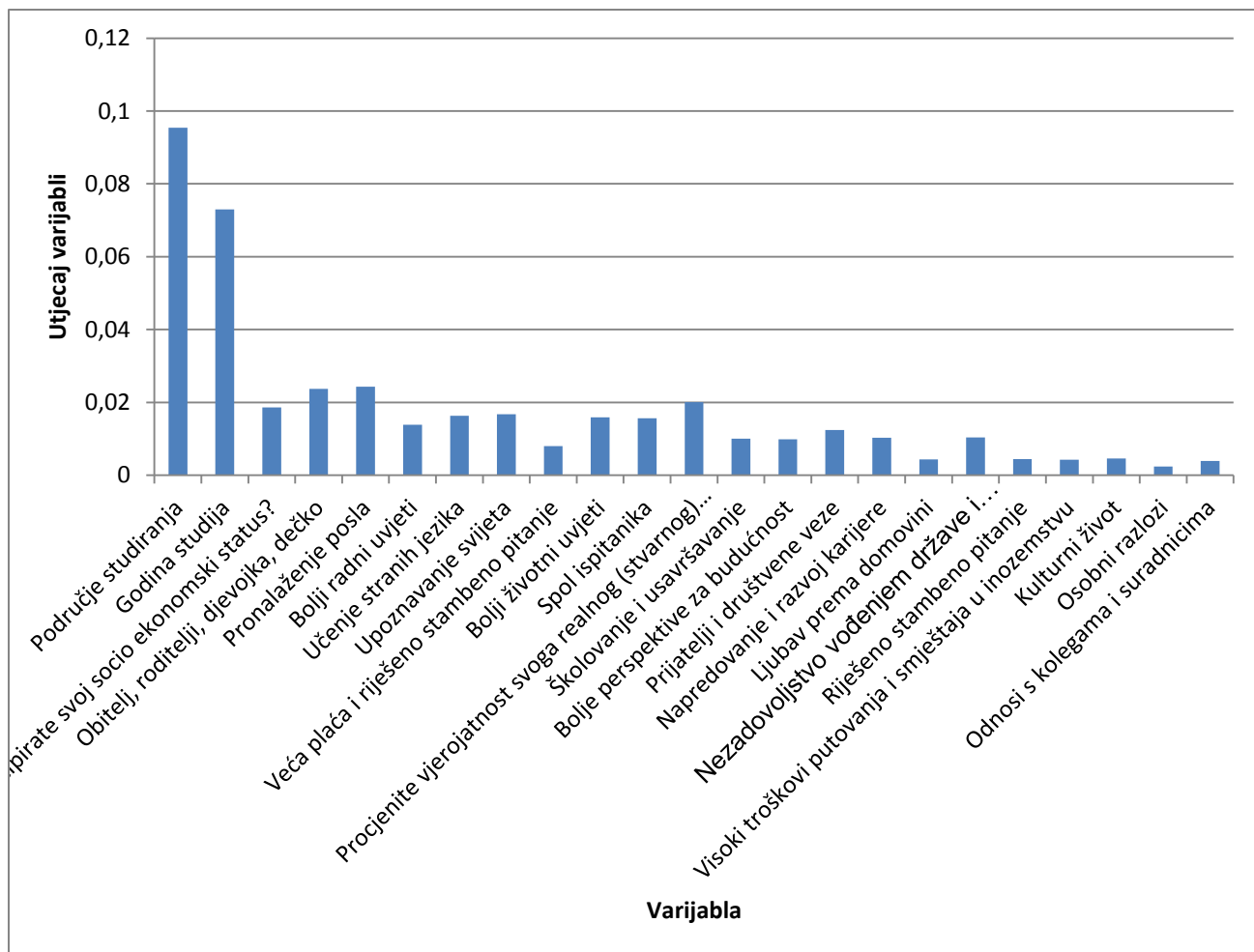
Na temelju modela neuronske mreže i provedene analize osjetljivosti, **prihvaćamo hipotezu H1**. Utvrđeno je da varijabla znanstveno područje studiranja utječe na procjenu stvarnog odlaska studenta u inozemstvo. Na slikama 45 i 46 koje prikazuju utjecaj varijabli na procjenu stvarnog odlaska (slika 45) i na varijablu preferirana zemlja odlaska (slika 46) kao najvažnija varijabla ističe se „Područje studiranja“.

Na temelju provedene analize osjetljivosti kod neuronske mreže **prihvaćamo hipotezu H2**. Utvrđeno je da varijabla „Percepcija socio-ekonomskog statusa studenta“ utječe na procjenu stvarnog odlaska u inozemstvo i preferiranoj zemlji. Na slikama 45 i 46 koje prikazuju utjecaj varijabli na procjenu stvarnog odlaska (slika 45) i na varijablu preferirana zemlja odlaska (slika 46) varijabla „Percepcija socio-ekonomskog statusa ispitanika“ ima treći najveći utjecaj na procjenu odlaska te šesti najveći utjecaj na odabir preferirane zemlje imigracije.



Slika 45: Utjecaj varijabli na „Procjenu stvarnog odlaska u inozemstvo“ (Izvor: Autori rada)

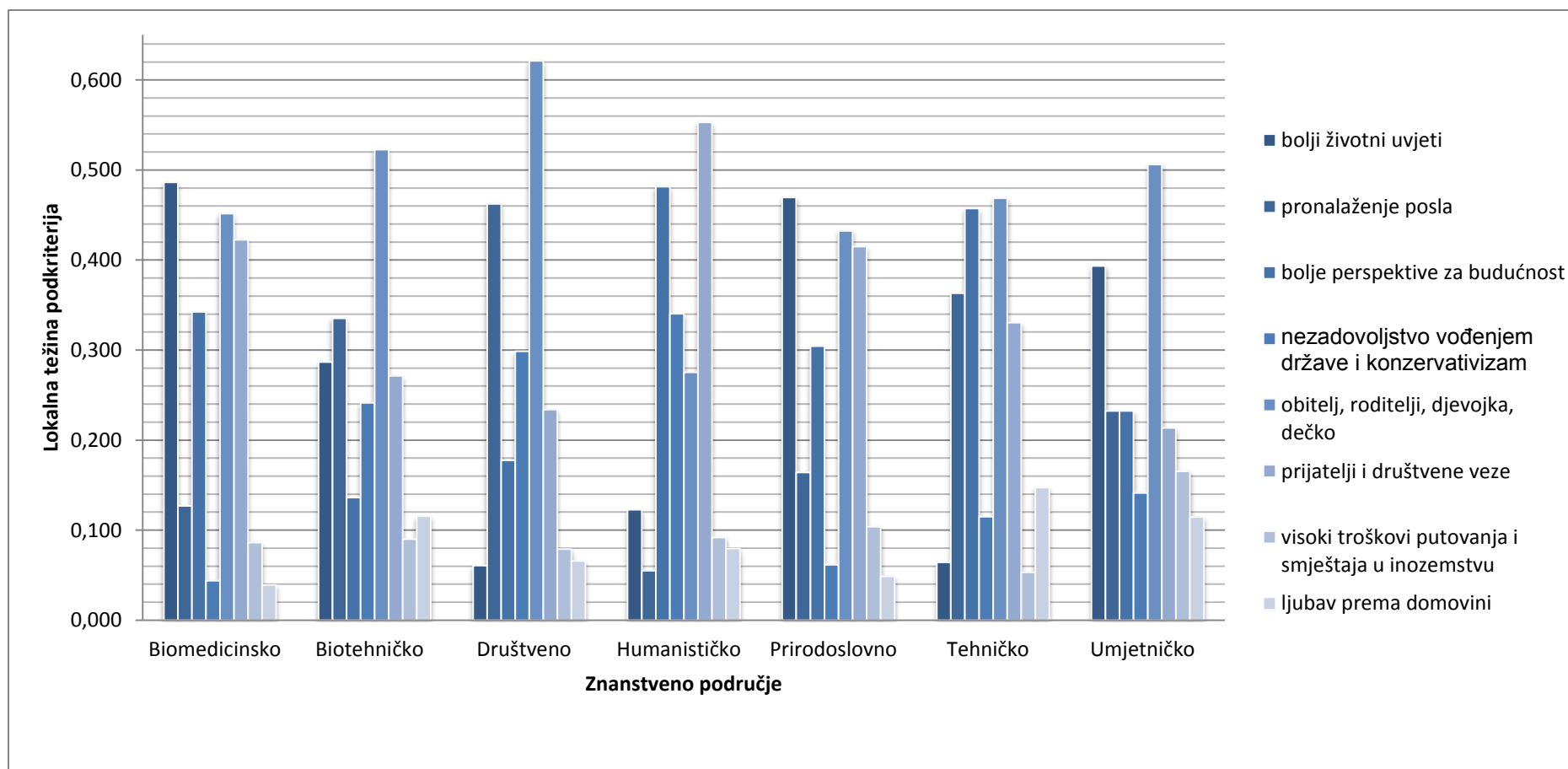
Slika 45 prikazuje utjecaj varijabli na procjenu odlaska u inozemstvo, a nastala je kao rezultat provedbe analize osjetljivosti modela neuronske mreže. Varijabla „Područje fakulteta“ je najveći prediktor odlaska studenata u inozemstvo, a slijede ju varijable „Preferirana zemlja“ i „Percepcija socio-ekonomskog statusa“.



Slika 46: Utjecaj varijabli na preferiranu zemlju imigracije (Izvor: Autori rada)

Slika 46 prikazuje utjecaj varijabli na odabir preferirane zemlje odlaska, a nastala je kao rezultat provedbe analize osjetljivosti modela neuronske mreže. Varijabla „Područje fakulteta“ je najveći prediktor preferirane zemlje, a slijedi ju varijabla „Godina studija“. Varijabla „Percepcija socio-ekonomskog statusa“ se također pokazuje važnom te je hipoteza H2 potvrđena.

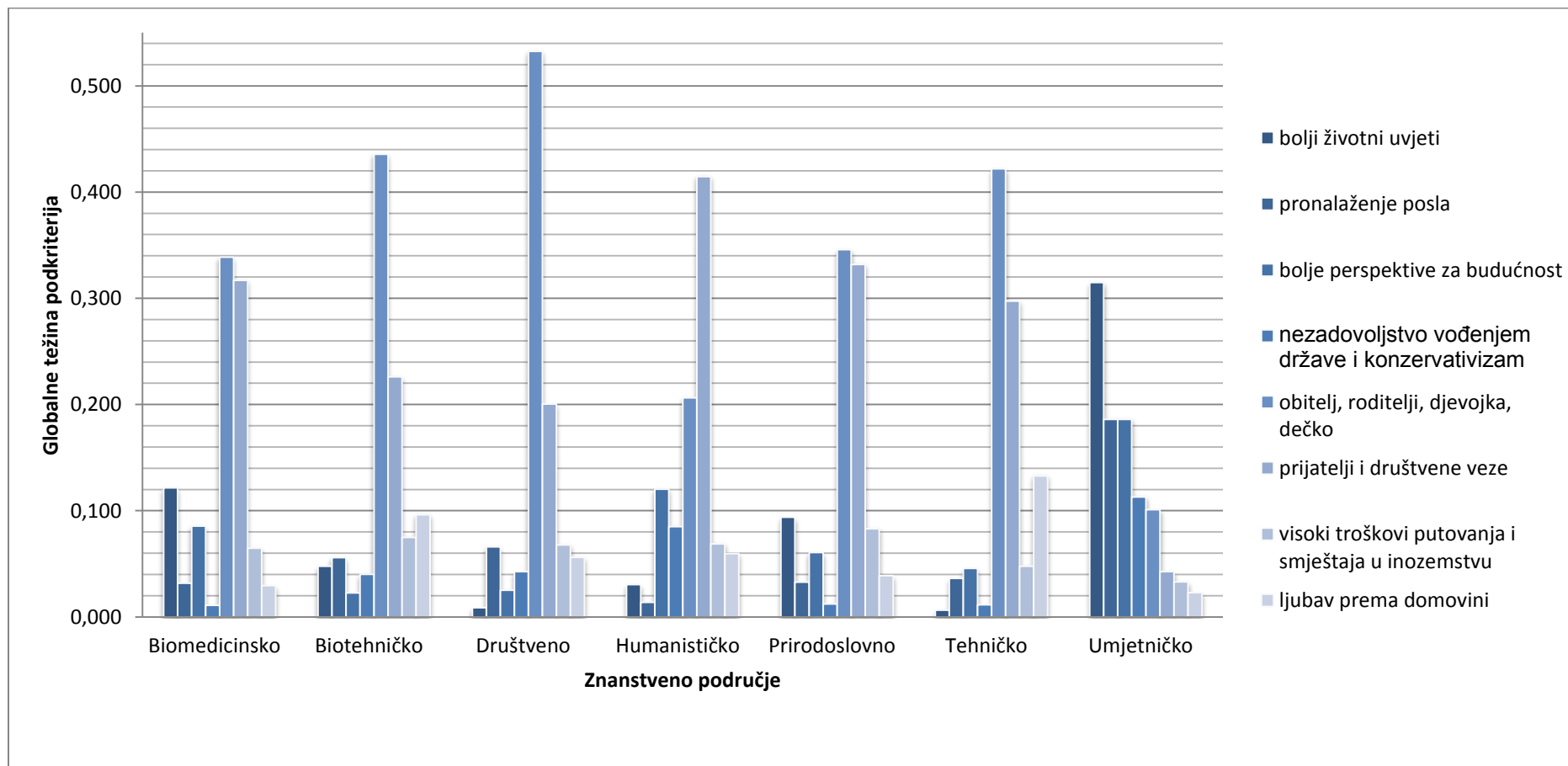
Rezultati modeliranja AHP metodom pokazali su da su privlačni faktori važniji od potisnih faktora za potencijalni odljev mozgova na svim znanstvenim područjima Sveučilišta u Zagrebu, osim na umjetničkom području. Stoga se **hipoteza H3 prihvaća za sva područja, osim za umjetničko područje.**



Slika 47: Lokalne težine privlačnih i potisnih faktora (Izvor: Autori rada)

Na slici 47 prikazane su lokalne težine potisnih i privlačnih faktora obzirom na znanstveno područje studiranja ispitanika. Privlačni faktor „Obitelj, roditelj, djevojka, dečko“ je vodeći na 4 od 7 znanstvena područja studiranja Sveučilišta u Zagrebu, na 2 od 7 područja zauzima drugo

mjesto, a samo u jednom znanstvenom području nalazi se na 4 mjestu. Gledano po područjima, faktor sa najmanjim lokalnim prioritetom je potisni faktor „Ljubav prema domovini“. Ostali privlačni i potisni faktori variraju s obzirom na znanstveno područje.



Slika 48: Globalne težine privlačnih i potisnih faktora (Izvor: Autori rada)

Na slici 48 prikazane su globalne težine potisnih i privlačnih faktora s obzirom na znanstveno područje studiranja ispitanika. Na slici vidimo značajne razlike u prioritetima faktora, u odnosu na sliku 47 na kojoj su prikazane lokalne težine faktora. Kao što smo već spomenuli, prilikom izračuna globalne težine (prioriteta) faktora, u obzir se uzima i težina skupine kojoj faktor pripada. Uočavamo da je prioritet faktora koji pripadaju skupini privlačni faktori značajno narastao kada je su u obzir uzete lokalne težine skupina privlačni i potisni faktori, što bi značilo da su privlačni faktori važniji za ispitanike. Privlačni faktor „Obitelj, roditelj, djevojka, dečko“ i dalje ima najveći prioritet (na 5 od 7 znanstvena područja studiranja Sveučilišta u Zagrebu zauzima prvo mjesto, na 1 od 7 područja zauzima drugo mjesto, na 1 od 7 područja zauzima četvrto mjesto). Gledano po područjima, faktor sa najmanjim lokalnim prioritetom nije više potisni faktor „Ljubav prema domovini“. Faktori sa najmanji lokalnim prioritetima su sada, faktori koji pripadaju skupini potisni faktori („Bolji životni uvjeti“, „Pronalaženje posla“, „Bolje perspektive za budućnost“, „Nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizam“).

Ukoliko napravimo usporedbu s ranijim istraživanjima moguće je izvesti slijedeće zaključke. U periodu između 2004.-te i 2014.-te namjera odlaska visokoškoloovanih ljudi se drastično promijenila. Naime, Šverko (2004) navodi kako najveći postotak ispitanika (49,2 %) izražava malu vjerojatnost odlaska, dok je ovim istraživanjem utvrđeno kako većina ispitanika ima namjeru visokog intenziteta da napusti domovinu. Najznačajniji potisni faktori u istraživanju od Šverko (2004) bili su veća plaća i riješeno stambeno pitanje, školovanje i usavršavanje, upoznavanje svijeta te pronalaženje posla, a u istraživanju od Golub (2003) mala plaća, neriješeno stambeno pitanje i općenito nizak životni standard, bolji uvjeti rada u inozemstvu, veće mogućnosti napredovanja i afirmacije u inozemnoj znanstvenoj sredini, općenito nezadovoljavajuće društvene, ekonomske i političke prilike, obiteljski razlozi te želja za promjenom načina života. U istraživanju provedenom iz 2013, Mlikota i Prelas Kovečević ističe veću plaću i riješeno stambeno pitanje, pronalaženje posla, bolju perspektivu za budućnost, nezadovoljstvo vođenjem države i konzervativizmom kao najznačajnije potisne faktori te obitelj, prijatelji i ljubav prema zemlji kao najznačajnije privlačne faktore (Mlikota i Prelas Kovečević, 2013). Na svjetskoj razini, istraživanje Kizita i suradnika identificiralo je veću plaću u inozemstvu, nastavak školovanja, dobre radne uvjete i političku stabilnost kao razloge za odlazak, te poticaj državnim stipendijama, dug proces migracije, visoke troškove u inozemstvu i nedostatak obiteljske podrške kao faktore ostanka u Ugandi (Kizito i suradnici, 2006). Ovi se rezultati mogu poistovjetiti s rezultatima našeg istraživanja jer se obitelj ističe

kao najvažniji faktor kod studenata svih područja, osim humanističkog gdje je najvažniji faktor prijatelji i društvene veze.

8. Zaključak

Studenti sa sva 33 fakulteta Sveučilišta u Zagrebu procijenila su vjerojatnost odlaska iz RH nakon studija, motive za odlazak i preferiranu zemlju imigracije. Rezultati neuronskih mreža pokazuju da najveći utjecaj na procjenu odlaska studenata u inozemstvo imaju slijedeće varijable: područje studiranja, preferirana zemlja i percepcija socio-ekonomskog statusa. Najveću želju za odlaskom iskazuju studenti biomedicine i zdravstva (Medicinski fakultet) i tehničkog područja (Fakultet elektrotehnike i računarstva), dok najmanju studenti biotehničkog područja. Promjenama vrijednosti pojedinih varijabli kod analize osjetljivosti utvrđujemo da najveću spremnost za odlazak iz domovine imaju studenti koji svoj socio-ekonomski status procjenjuju kao viša srednja klasa, dok najmanju vjerojatnost za odlazak iskazuje siromašni sloj ispitanika. Kao najatraktivnije zemlje imigracije pokazale su se Skandinavske zemlje (Norveška, Švedska i Finska) i Nizozemska kod studenata svih područja. No, razlike u željenoj destinaciji među područjima postoje s obzirom na studenti društvenog područja češće biraju Njemačku, dok studenti iz prirodnog područja češće biraju Irsku. Studenti svih područja veću težinu daju privlačnim faktorima, osim studenata umjetničkog područja koji veću težinu daju potisnim faktorima.

Rezultati ovog istraživanja potencijalno su korisni na institucionalnoj i nacionalnoj razini. Analize prikazane ovdje usmjerene su na razinu institucije – sveučilišta. Projekcija ovih rezultata na nacionalnu razinu zanimljiva je ministarstvima koji se bave obrazovanjem i zapošljavanjem. Isti bi trebali razviti politike s ciljem reagiranja na odljev mozgova. Hrvatska, kao i ostale zemlje u razvoju, trebaju razviti kvalitete obrazovne sustave i tako djelovati na odljev mozgova. Kreiranje politika za zaustavljanje odljeva mozgova treba ići u smjeru otvaranja novih radnih mjesta, ali i poboljšanja kvalitete života te stvaranja okruženja pozitivne ekonomske klime. Temeljem identificiranih kriterija odlaska studenata čini se da samo poboljšanje socio-ekonomske situacije, bez poboljšanja kvalitete obrazovnog sustava neće zaustaviti odljev mozgova u Hrvatskoj.

9. Zahvale

Iskreno zahvaljujemo mentoricama Doc. dr. sc. Dijani Oreški i izv. prof. dr. sc. Marini Klačmer Čalopa, koje su tijekom cjelokupne izrade ovog rada uložile veliki trud i vrijeme na savjete i konstruktivne kritike, što je značajno utjecalo na kvalitetu samog rada. Posebno im zahvaljujemo na znanstvenom i stručnom usmjeravanju, kao i vođenju u izradi ovog rada.

Zahvaljujemo roditeljima i sestrama, koji su nam uvijek pružali podršku tijekom školovanja i svakodnevno nas motivirali za rad. Zahvaljujemo im na strpljenju, razumijevanju i ljubavi.

Na kraju bi se zahvalile svim prijateljima te kolegama i kolegicama na prijateljstvu, korisnim savjetima i podršci tijekom izrade ovog rada.

10. Literatura

1. Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(04), 445-459. Preuzeto 10. ožujka 2016. s
<http://hera.ugr.es/doi/16515833.pdf>
2. Barić, R. (2010). Kako brzo situacijski misliti–donošenje odluka na sportskom terenu. U Jukić, I., Gregov, C., Šalaj, S., Milanović, L. i Trošt-Bobić, T.(ur.), *Kondicijska priprema sportaša*, Zbornik radova, 8, 126-134.
3. Baruch, Y., Budhwar, P. S., & Khatri, N. (2007). Brain drain: Inclination to stay abroad after studies. *Journal of World Business*, 42(1), 99-112.
4. Begičević, N. (2008). Multicriteria decision making models for strategic planning of e-learning implementation. Diss. Fakultet organizacije i informatike, Sveučilište u Zagrebu, 2008. Preuzeto 15. ožujka 2016. s
http://services.foi.hr/thesis_phd/rad_begicevic.pdf
5. Blenko, M. W., Mankins, M. C., Rogers, P. (2010), *Decide & Deliver: 5 Steps to Breakthrough Performance in Your Organization*, Harvard Business Review Press, Boston.
6. Boncea, I. (2015). Turning Brain Drain into Brain Gain: Evidence from Romania's Medical Sector, *Procedia Economics and Finance*, 20, 80–877.
7. Bonczek, R. H., Holsapple, C. W., & Whinston, A. B. (1980.), *The Evolving Roles of Models in Decision Support Systems*, *Decision Sciences*, 11(2), 337. – 356.
8. Briš Alić, M. (2016). Primjena AHP metoda i Expert Choice softvera u procesu donošenja odluka. Preuzeto 9. ožujka 2016. s
http://www.efos.unios.hr/arhiva/index.php/component/docman/doc_download/7983-menadzarsko-odlucivanje-27052013
9. Cerovšek K., (2014). *Odabir alatnih strojeva u projektiranju tehnoloških procesa*, Diplomski rad, FSB, Zagreb.
10. Chen, C. F. (2006). Applying the analytical hierarchy process (AHP) approach to convention site selection. *Journal of Travel Research*, 45(2), 167-174. Preuzeto 17. ožujka 2016. s
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.1313&rep=rep1&type=pdf>

11. Chiang, W. K., Zhang, D., & Zhou, L. (2006). Predicting and explaining patronage behavior toward web and traditional stores using neural networks: A comparative analysis with logistic regression. *Decision Support Systems*, 41, 514–531.
12. Čerić, V., Varga, M., (2004): *Informacijska tehnologija u poslovanju*, Element, Zagreb
13. Daft, R. L. (1992.), *Organization Theory and Design*, 4th edition, West Publishing Company, Saint Paul.
14. Daft, R. L. (1997.), *Management*, The Dryden Press, Orlando.
15. Daft, R. L. (2001.), *Organization Theory and Design*, 7th edition, Thomson South-Western, Mason.
16. Daft, R. L. (2007.), *Understanding the Theory and Design of Organizations*, Thomson South-Western, Mason.
17. Dawson, S. (1996.), *Analysing Organizations*, 3rd edition, McMillan Business, London.
18. Dean jr., J. W., Sharfman, M. P. (1996.), Does Decision Process Matter? A Study of Strategic Decision-Making Effectiveness, *Academy of Management Journal*, 39(2), str. 368. – 396.
19. Divjak, B. Ivanda, Ž., & Pavlek, I. (2014). *Izvjješće o radu Sveučilišta u Zagrebu*. Preuzeto 2. veljače 2016. s http://www.unizg.hr/fileadmin/rektorat/O_Sveucilistu/Tijela_sluzbe/Rektorat/Izvjjesca_uprave/Izvjjesce_uprave_11.-12..pdf
20. Docquier, F., Rapoport, P., *Globalization, Brain Drain and Development* (2011). Preuzeto 10. veljače 2016. s <https://ideas.repec.org/p/crm/wpaper/1108.html#cites>
21. Donnelly, J. H. jr., Gibson, J. L., Ivancevich, J. M. (1995.), *Fundamentals of Management*, 9th edition, IRWIN, Chicago.
22. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske: *Migracija stanovništva Republike Hrvatske u 2014*. Zagreb, 10.srpanj 2015. Preuzeto 14. veljače 2016. s http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2015/07-01-02_01_2015.htm na dan [19.2.2016.](http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2015/07-01-02_01_2015.htm)
23. Duić, M. (2015). *Odljev mozgova postao je naša stvarnost*. Preuzeto 18. veljače 2016. s <http://www.poslovni.hr/hrvatska/odljev-mozgova-postao-je-nasa-stvarnost-287055>
24. Expert Choice (2016). Preuzeto 1. ožujka 2016. s <http://expertchoice.com/about-us/our-decision-making-methodology/>

25. Fanning, K., Cogger, K. O., & Srivastava, R. (1995). Detection of management fraud: A neural network approach. *Intelligent Systems in Accounting Finance and Management*, 4, 113–126.
26. Golub, B.(2003): Zašto odlazimo?, *Društvena istraživanja*, 12 (1-2), 63-64.
27. Gurney, K., (2001). *Computers and Symbols versus Nets and Neurons*, Dept. Human Sciences, Brunel University, Uxbridge
28. Heršak, E. (1985). Poslijeratna migracijska perspektiva Evrope, *Migracijske teme*, br. 1, Zagreb
29. Hruschka, H. (1993). Determining market response functions by neural network modelling: A comparison to econometric techniques. *European Journal of Operational Research*, 66, 27–35.
30. Infodom. Preuzeto 7. ožujka 2016. s <http://www.infodom.hr/default.aspx?id=136>
31. ISAFP. Preuzeto 7. ožujka 2016. s <http://www.isahp.org/>
32. Kaliyati, W. (2009). *Staying or leaving New Zealand after you graduate?—reflecting on brain drain and brain circulation issues facing graduates*. Diss. Lincoln University.
33. Kendrick, J. D., Saaty, D. (2007). Use analytic hierarchy process for project selection. In *ASQ Six sigma forum magazine* 6(4), 22-29.
34. Kizito, S., et al. (2015). Career intentions of final year medical students in Uganda after graduating: the burden of brain drain. *BMC medical education* 15, 1-7.
35. Klepac, G., (2001): *Primjena inteligentnih računalnih metoda u managementu*, Sinergija, Zagreb
36. Klepac, G., & Panian, Ž. (2003). *Poslovna inteligencija*. Masmedia, Zagreb.
37. Lee, K., Booth, D., & Alam, P. (2005). A comparison of supervised and unsupervised neural networks in predicting bankruptcy of Korean firms. *Expert Systems with Applications*, 29(1), 1–16.
38. Lojen, S. (2015) "ZAVRŠNI RAD." Preuzeto 26. ožujka 2016. s <http://repositorij.fsb.hr/3298/>
39. Majača, S. (2014). *Zakonska regulativa u području održive proizvodnje*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje).
40. Matić, I., (2014). *Izgradnja neuronske mreže korištenjem softverskog paketa Rapid Miner*, Diplomski rad, Sveučilište u Mostaru, Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti

41. Mandić, D. (2012). Neuronske mreže i stabla odlučivanja za predviđanje uspješnosti studiranja, Učiteljski fakultet
42. Mlikota, D., Prelas Kovačević, A. (2013). Veličina potencijalnog „odljeva mozгова“ studenata Visoke škole za menadžment u turizmu i informatici u Virovitici, Praktični menadžment, 4(2), 32-42.
43. Odom, M., & Sharda, R. (1990). A neural network model for bankruptcy prediction. In Proceedings of the international joint conference on neural networks, 2, IEEE Press, Alamos, CA, 163–168.
44. Paliwal, M., Kumar, U. A., (2009): „Neural networks and statistical techniques: A review of applications“, Shailesh J. Mehta School of Management, Indian Institute of Technology, Powai, Mumbai 400 076, India
45. Penava, M. (2011). Utjecaj migracija na europsko tržište rada. Ekonomska misao i praksa, (2), 335-362.
46. Pifat-Mrzljak, G., Juros, L., & Vizek-Vidovic, V. (2006). Brain Drain and the Academic and Intellectual Labour Market in Croatia-a case study. Preuzeto 1. travnja 2016. s <http://www.unizg.hr/unesco/braindrain/>
47. Prpić, K. (1989). Odliv mozgov: tok i činioci vanjskih migracija znanstvenika: doktorska disertacija. Institut za društvena istraživanja Sveučilišta u Zagrebu.
48. Refenes, A. N., Zapranis, A. & Francis, G., (1994) Stock performance modeling using neural networks: A comparative study with regression models Neural Networks, 7 (2), 375–388.
49. Russell, S. J., & Norvig, P. (2002) Artificial Intelligence, A Modern Approach, 2nd edition, New York, Prentice Hall.
50. SAS JMP. Preuzeto 10. veljače 2016. s: http://www.jmp.com/en_us/software/try-jmp.html
51. Schneider, J., & Moore, A.W.(2016). A locally weighted learning tutorial using vizier 1.0. Preuzeto 10. ožujka 2016. s <https://www.cs.cmu.edu/~schneide/tut5/tut5.html>
52. Sikavica, P., Hunjak, T., Ređep, N. B., & Hernaus, T. (2014). Poslovno odlučivanje.
53. Spear, N. A., & Leis, M. (1997). Artificial neural networks and the accounting method choice in the oil and gas industry. Accounting Management and Information Technology, 7(3), 169–181.

54. Šverko, I. (2004). Studentske namjere odlaska u inozemstvo: Veličina potencijalnog „odljeva mozgova“ i njegove odrednice u 1995., 1997. I 2004. godini. Institut za društvene znanosti Ivo Pilar, Zagreb 2004.
55. Tkalac Verčić, A., Sinčić Ćorić, D., & Pološki Vokić, N. (2010). Priručnik za metodologiju istraživačkog rada: kako osmisliti, provesti i opisati znanstveno i stručno istraživanje, M.E.P. d.o.o., Zagreb
56. Todisco E., Brandi M.C., & Tattolo G. (2003) Skilled migration: a theoretical framework and the case of foreign researchers in Italy, Fulgor 1, (3)
57. Topolko, K., Oreški, D., & Horvat, J. (2012). Multi-criteria Modeling of Postgraduate Students Bank Selection. In 23rd Central European Conference on Information and Intelligent Systems, 219-226.
58. West, P. M., Brockett, P. L., & Golden, L. L. (1997). A comparative analysis of neural networks and statistical methods for predicting consumer choice. Marketing Science, 16(4), 370–391.
59. World economic forum. Preuzeto 12. travnja 2016. s <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2015-2016/competitiveness-rankings/>
60. Zekić – Sušac, M., Frajman-Jakšić, A., & Drvenkar, N. (2009). Neuronske mreže i stabla odlučivanja za predviđanje uspješnosti studiranja, Ekonomski vjesnik, 314-327.

Sažetak

Autori: Barbara Šlibar, Dragana Mlikota

Naslov rada: Veličina i odrednice potencijalnog „odljeva mozgova“ studenata Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak:

U ovom radu analizirana je veličina (osobna procjena) i uzroci potencijalnog odljeva mozgova studenta Sveučilišta u Zagrebu. Temljem opsežnog pregleda recentne literature formulirane su tri hipoteze koje su testirane upotrebom neuronskih mreža i AHP metode. Podaci o potencijalnom odljevu mozgova prikupljeni su na sva 33 fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanje je tako obuhvatilo svih sedam znanstvenih područja Sveučilišta u Zagrebu (biomedicinsko, biotehničko, društveno, humanističko, prirodoslovno, tehničko i umjetničko područje). Rezultati upućuju na razlike u vjerojatnosti napuštanja Republike Hrvatske nakon diplomiranja između studenata koji studiraju na različitim područjima te studenata različitog socio-ekonomskog statusa. Privlačni faktori važniji su od potisnih faktora za sva područja studiranja, osim za umjetničko.

Ključne riječi: odljev mozgova, neuronske mreže, AHP metoda, potisni faktori, privlačni faktori

Summary

Authors: Barbara Šlibar, Dragana Mlikota

Title: The extent and determinants of potential "brain drain" among University of Zagreb students

Summary:

This paper investigates extents (personal estimation) and determinants of potential brain drain among University of Zagreb students. Based on extensive literature review three hypothesis were defined and tested by using neural networks and AHP method. Data about potential brain drain were collected among 1323 students from all University of Zagreb faculties. Thus, research covered all seven scientific fields from University (arts, biomedicine, biotechnology, engineering, humanities, natural sciences and social sciences). Results indicated differences in probability to leave the country after graduation between students from different study fields and students of different socio-economic status. Pull factors are more important for students from push factors in every scientific fields except arts.

Key words: brain drain, neural networks, AHP methods, push factors, pull factors