

Nova metoda za definiranje izbornih jedinica u Hrvatskoj

*Kristian Sabo**

*Rudolf Scitovski***

UDK: 342.828(497.5)

<https://doi.org/10.31297/hkju.23.4.3>

Original paper / izvorni znanstveni rad

Received / primljeno: 14. 5. 2023.

Accepted / prihvaćeno: 6. 10. 2023.

U radu predlažemo novu metodu za definiranje konfiguracije izbornih jedinica primjenom metode spektralnog klasteriranja. Metoda pronalazi konfiguracije izbornih jedinica koje zadovoljavaju neku unaprijed zadanu toleranciju ujednačenosti težina biračkih glasova te pritom čuva granice županija. Također, u metodu se prirodno može uključiti i razina političke/socijalne/gospodarske povezanosti županija. Nadalje, navodimo popis poznatih metoda za određivanje broja zastupničkih mjesta po izbornim jedini-

* dr. sc. Kristian Sabo, redoviti profesor u trajnom zvanju, Fakultet primijenjene matematike i informatike, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (Full Professor, School of Applied Mathematics and Informatics, University of Osijek, Croatia, email: ksa-bo@mathos.hr).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-3161>

** dr. sc. Rudolf Scitovski, profesor emeritus, Fakultet primijenjene matematike i informatike, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (Emeritus Professor, School of Applied Mathematics and Informatics, University of Osijek, Croatia, email: scitowsk@mathos.hr).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7386-599133>

cama, koje se temelje na načelu razmjernosti broja birača i broja zastupničkih mjesta. U radu dajemo pregled indeksa iz literature kojima se može mjeriti ujednačenost težina biračkih glasova. Primjene tih indeksa ilustriramo na najnovijem prijedlogu Hrvatske vlade, vlastitim prijedlozima te na nekoliko primjera konfiguracija izbornih jedinica od kojih su neki već predstavljeni javnosti.

Ključne riječi: izbori, izborne jedinice, težina biračkog glasa, metode raspodjele, klasteriranje

1. Uvod

Prema Zakonu o izbornim jedinicama za izbor zastupnika u Zastupnički dom Hrvatskoga državnog sabora koji je bio na snazi do 1. listopada 2023. područje Hrvatske bilo je podijeljeno u sljedećih 10 izbornih jedinica:¹

- I. izborna jedinica (342 740 birača): sjeverozapadni dio Zagrebačke županije te dio centra i zapada Grada Zagreba
- II. izborna jedinica (390 414 birača): istočni dio Zagrebačke županije, Koprivničko-križevačka županija, Bjelovarsko-bilogorska županija i istočni dio Grada Zagreba
- III. izborna jedinica (349 578 birača): Krapinsko-zagorska županija, Varaždinska županija i Međimurska županija
- IV. izborna jedinica (317 760 birača): Virovitičko-podravska županija i Osječko-baranjska županija
- V. izborna jedinica (343 203 birača): Požeško-slavonska županija, Brodsko-posavska županija i Vukovarsko-srijemska županija
- VI. izborna jedinica (331 784 birača): jugoistočni dio Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačka županija i jugoistočni dio Grada Zagreba
- VII. izborna jedinica (410 576 birača): jugozapadni dio Zagrebačke županije, Karlovačka županija, istočni dio Primorsko-goranske županije i južni dio Grada Zagreba
- VIII. izborna jedinica (376 147 birača): Istarska županija i zapadni dio Primorsko-goranske županije

¹ Brojevi birača odgovaraju popisu birača iz 2020. godine, a preuzeti su iz Odluke Ustavnog suda Republike Hrvatske broj: U-I-4089/2020, NN 24/2023-409.

- IX. izborna jedinica (414 254 birača): Ličko-senjska županija, Zadarska županija, Šibensko-kninska županija i sjeverni dio Splitsko-dalmatinske županije
- X. izborna jedinica (398 209 birača): južni dio Splitsko-dalmatinske županije i Dubrovačko-neretvanska županija.

U svakoj izbornoj jedinici izabire se po 14 zastupnika. Temeljna pretpostavka pri definiranju takvih izbornih jedinica bila je da su izborne jedinice međusobno približno jednake po broju birača (Sabo, Scitovski & Taler, 2012; Odluka Ustavnog suda Republike Hrvatske od 7. veljače 2023.). Iako je na taj način bio osiguran matematički uvjet prema kojem birači imaju približno jednaku težinu biračkog glasa, takav pristup neizbježno dovodi do narušavanja cjelovitosti općina, gradova i županija.

Dodatno, tijekom proteklih desetljeća došlo je do znatne promjene broja birača po izbornim jedinicama pa se neke međusobno razlikuju za čak 30 %. Na taj način narušena je spomenuta temeljna pretpostavka, što je posljedično dovelo do narušavanja jednakosti težine biračkog glasa. To je između ostalog potvrđeno Odlukom Ustavnog suda Republike Hrvatske od 7. veljače 2023. i šest izdvojenih mišljenja sudaca. Na osnovi te odluke potrebno je pristupiti definiranju nove konfiguracije izbornih jedinica koja će ispunjavati: (1) uvjet približno jednake težine biračkog glasa te (2) voditi računa o cjelovitosti općina, gradova i županija. Hrvatski je sabor u listopadu 2023. prihvatio novi Zakon o izbornim jedinicama za izbor zastupnika u Hrvatski sabor. Prema tom zakonu, isto kao i dosad, Hrvatska je podijeljena u 10 izbornih jedinica s približno jednakim brojem birača, a u svakoj se bira 14 zastupnika. Usvojena konfiguracija glasi:²

1.1. Vlada-2023

- I. izborna jedinica (323 273 punoljetna stanovnika): dio Grada Zagreba: gradske četvrti Črnomerec, Donji grad, Gornji grad – Medveščak, Maksimir, Novi Zagreb – istok, Peščenica – Žitnjak, Podsljeme i Trnje; dio Zagrebačke županije: Grad Velika Gorica te općine Kravarsko, Orle, Pisarovina, Pokupsko i Rugvica.

² Brojevi punoljetnih stanovnika preuzeti su iz Popisa stanovništva 2021. godine na način da je od ukupnog broja stanovnika oduzet broj stanovnika starosti od 0 do 17 godina (<https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/stanovnistvo/popis-stanovnistva/>).

- II. izborna jedinica (315 995 punoljetnih stanovnika): dio Grada Zagreba: gradske četvrti Donja Dubrava, Gornja Dubrava i Sesvete; dio Koprivničko-križevačke županije: Grad Križevci te općine Gornja Rijeka, Kalnik, Rasinja, Sokolovac, Sveti Ivan Žabno i Sveti Petar Orehovec; dio Zagrebačke županije: gradovi Dugo Selo, Ivanić-Grad, Sveti Ivan Zelina i Vrbovec te općine Bedenica, Brckovljani, Dubrava, Farkaševac, Gradec, Kloštar Ivanić, Križ, Preseka i Rakovec te Bjelovarsko-bilogorska županija u cijelosti.
- III. izborna jedinica (332 204 punoljetna stanovnika): dio Zagrebačke županije: općine Bistra, Dubravica, Jakovlje, Luka, Marija Gorica i Pušća; Krapinsko-zagorska županija u cijelosti; Međimurska županija u cijelosti te Varaždinska županija u cijelosti.
- IV. izborna jedinica (327 376 punoljetnih stanovnika): dio Koprivničko-križevačke županije: gradovi Đurđevac i Koprivnica te općine Drnje, Đelekovec, Ferdinandovac, Gola, Hlebine, Kalinovac, Kloštar Podravski, Koprivnički Bregi, Koprivnički Ivanec, Legrad, Molve, Novigrad Podravski, Novo Virje, Peteranec, Podravske Sesvete i Virje; Osječko-baranjska županija u cijelosti te Virovitičko-podravska županija u cijelosti.
- V. izborna jedinica (295 559 punoljetnih stanovnika): dio Sisačko-moslavačke županije: gradovi Hrvatska Kostajnica i Novska te općine Donji Kukuruzari, Hrvatska Dubica, Jasenovac, Lipovljani i Majur; Brodsko-posavska županija u cijelosti; Požeško-slavonska županija u cijelosti te Vukovarsko-srijemska županija u cijelosti.
- VI. izborna jedinica (334 938 punoljetnih stanovnika): dio Grada Zagreba: gradske četvrti Brezovica, Novi Zagreb – zapad, Podsused – Vrapče, Stenjevec, Trešnjevka – jug i Trešnjevka – sjever; dio Zagrebačke županije: gradovi Jastrebarsko, Samobor, Sveta Nedelja i Zaprešić te općine Brdovec, Klinča Sela, Krašić, Stupnik i Žumberak.
- VII. izborna jedinica (320 381 punoljetni stanovnik): Karlovačka županija u cijelosti; Ličko-senjska županija u cijelosti; dio Sisačko-moslavačke županije: gradovi Glina, Kutina, Petrinja, Popovača i Sisak te općine Dvor, Gvozd, Lekenik, Martinska Ves, Sunja, Topusko i Velika Ludina; dio Primorsko-goranske županije: gradovi Čabar, Delnice, Kastav i Vrbovsko te općine Brod Moravice, Čavle, Fužine, Jelenje, Klana, Lokve, Matulji, Mrkopalj, Ravna Gora, Skrad, Vinodolska općina i Viškovo; dio Zadarske županije: gradovi Obrovac i Pag te općine Gračac, Jasenice, Kolan, Novigrad, Posedarje, Poveljana, Ražanac, Starigrad i Vir.
- VIII. izborna jedinica (322 180 punoljetnih stanovnika): Istarska županija u cijelosti te dio Primorsko-goranske županije: gradovi Bakar, Cres,

Crikvenica, Kraljevica, Krk, Mali Lošinj, Novi Vinodolski, Opatija, Rab i Rijeka te općine Baška, Dobrinj, Kostrena, Lopar, Lovran, Malinska-Dubašnica, Mošćenička Draga, Omišalj, Punat i Vrbnik.

- IX. izborna jedinica (310594 punoljetna stanovnika): dio Splitsko-dalmatinske županije: gradovi Kaštela, Sinj, Solin, Trilj, Trogir i Vrljika te općine Dicmo, Dugopolje, Hrvace, Klis, Lećevica, Marina, Muć, Okrug, Otok, Prgomet, Primorski Dolac, Seget i Šolta; Šibensko-kninska županija u cijelosti; dio Zadarske županije: gradovi Benkovac, Biograd na Moru, Nin i Zadar te općine Bibinje, Galovac, Kali, Kukljica, Lišane Ostrovičke, Pakoštane, Pašman, Polača, Poličnik, Preko, Privlaka, Sali, Stankovci, Sukošan, Sveti Filip i Jakov, Škabrnja, Tkon, Vrsi i Zemunik Donji.
- X. izborna jedinica (322457 punoljetnih stanovnika): Dubrovačko-neretvanska županija u cijelosti te dio Splitsko-dalmatinske županije: gradovi Hvar, Imotski, Komiža, Makarska, Omiš, Split, Stari Grad, Supetar, Vis i Vrgorac te općine Baška Voda, Bol, Brela, Cista Provo, Dugi Rat, Gradac, Jelsa, Lokvičići, Lovreć, Milna, Nerežišća, Podbablje, Podgora, Podstrana, Postira, Proložac, Pučišća, Runovići, Selca, Sućuraj, Sutivan, Šestanovac, Tučepi, Zadvarje, Zagvozd i Zmijavci.

U široj je javnosti tema izbornih jedinica postala aktualna te je predstavljeno nekoliko prijedloga konfiguracija izbornih jedinica. Neki prijedlozi i dalje su se temeljili na podjeli u izborne jedinice s približno jednakim brojem birača te jednakim brojem zastupničkih mjesta, pri čemu se nisu slijedile granice županija (primjerice prijedlog Vlada-2023 te prijedlog Sabe i suradnika (2012), dok su drugi prijedlozi išli prema izbornim jedinicama s različitim brojem birača i zastupničkih mjesta, ali tako da se sačuvaju granice administrativnih jedinica.

U radu Čular (2018) prezentirane su simulacije rezultata parlamentarnih izbora od 2000. do 2016. u Hrvatskoj koji bi bili provedeni u izbornim jedinicama različite veličine, s različitim brojem zastupnika po izbornoj jedinici i to na način da se osigura približna jednakost biračkog prava građana. Rezultati su pokazali bitne razlike u odnosu prema stvarnim izbornim rezultatima.

Motivirani tom aktualnom temom, kao i radom Čular (2018), uočili smo da se problem određivanja izbornih jedinica, koje nemaju nužno približno jednak birača i imaju različit broj zastupničkih mjesta na način da se osigura približna jednakost biračkog prava te se pritom čuva cjelovitost županija, može rješavati primjenom klaster analize, koja je naše područje znanstvenog interesa. U tom je smislu namjera ovog rada dati matematički doprinos rješavanju problema.

U ovom radu definiramo osnovne pojmove, dajemo pregled nekoliko indeksa iz literature kojima se može mjeriti kvaliteta postojećih i svih budućih prijedloga te predložimo novu metodu koja generira moguće konfiguracije izbornih jedinica unutar unaprijed zadane točnosti maksimalnog postotnog odstupanja u težini biračkog glasa. Važno je napomenuti da namjera rada nije predložiti potpuni model izbornog sustava, što je znatno složeniji, ponajprije politološki problem, koji uz određivanje konfiguracije izbornih jedinica obuhvaća metode i efekte preračunavanja broja glasova u zastupnička mjesta, efekte uvođenja preferencijalnog glasanja, efekte izbornih pragova, analizu odnosa izbornog praga i veličine izborne jedinice, utjecaj manjinskih lista itd.

O tim, ali i mnogim drugim aspektima izbornih sustava postoji brojna relevantna literatura. Primjerice Felsenthal i Machover (2012) daju opis različitih izbornih modela, ilustriraju podložnost modela glavnim glasačkim paradoksima te analiziraju relevantnost teorijskih rezultata. Nadalje, Gallagher i Mitchell (2008) pružaju detaljan pregled i analizu izbornih sustava u 22 zemlje, uključujući 11 iz zapadne Europe, Rusiju, Japan, SAD, Južnu Afriku i Čile. Grofman i Hanley (2008) prikazuju odgovarajuće studije slučaja koje detaljnije razmatraju prakse većeg broja zemalja u kontekstu određivanja broja zastupničkih mjesta, pregled odgovarajućih rasprava koje su se pojavile te posljedice alternativnih mehanizama preraspodjele (više u Herron, Pekkanen i Shugart (2017); Klingemann (2009); Moser i Scheiner (2012)). Političke posljedice pri promjeni broja zastupničkih mjesta po izbornim jedinicama razmatraju se u radovima Harfst (2016), Lachat, Blais i Lago (2015) te Lin (2003). Kasapović (2017) u radu analizira odnos utjecaja izbornog sustava te ekonomskih, socijalnih, kulturnih, povijesnih i psiholoških čimbenika na ishod izbora. U radu Nikić Čakar i Čular (2022) autori kritički analiziraju proporcionalni predstavnički sustav u Hrvatskoj. Podolnjak (2013) navodi najistaknutije oblike izbornog inženjeringa u Hrvatskoj tijekom prvog desetljeća njezine neovisnosti. Raos (2023) analizira hrvatski izborni sustav na temelju komparativnih podataka o nerazmjernosti i efektivnom broju stranaka kao i analize efektivnog izbornog praga i efektivne veličine izborne jedinice. Analiza pokazuje da u bitnim karakteristikama učinci hrvatskog sustava ne odudaraju od teorijskih očekivanja i naspram drugih sličnih sustava u Europskoj uniji.

Rad je organiziran na sljedeći način. U poglavlju 2. navedeni su neki prijedlozi mogućih konfiguracija sa šest i 10 izbornih jedinica. U poglavlju 3. opisana je nova metoda za definiranje konfiguracije izbornih jedinica. U poglavlju 4. govori se o metodama raspodjele broja zastupničkih mjesta po izbornim jedinicama, dok su u poglavlju 5. navedeni indeksi kao mjere ujednačenosti težina biračkih glasova. Koristeći se tim indeksima, u po-

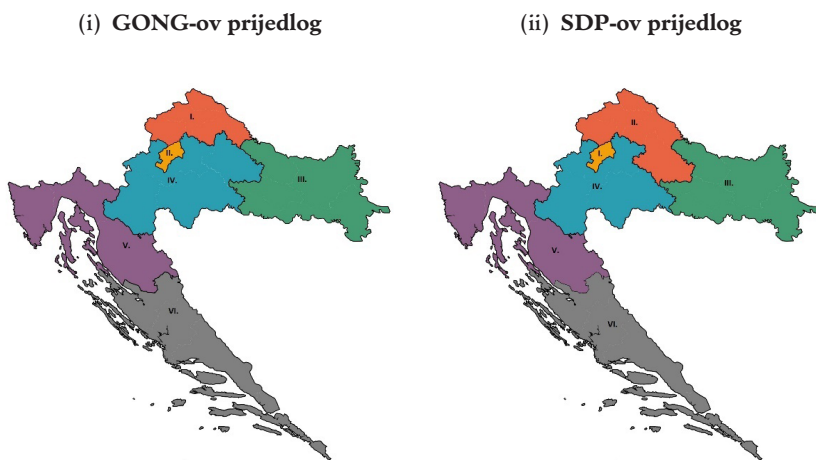
glavljju 6. usporedene su konfiguracije izbornih jedinica navedene u poglavlju 2. te je dan osvrt na slučaj u kojem se izborne jedinice podudaraju sa županijama. Konačno, u poglavlju 7. navedeni su neki zaključci. Na kraju, u prilogu, ukratko je opisana metoda spektralnog klasteriranja koja služi za definiranje konfiguracije izbornih jedinica.

2. Neki prijedlozi mogućih konfiguracija izbornih jedinica

U ovom poglavlju navest ćemo nekoliko mogućih prijedloga konfiguracija sa šest izbornih jedinica: prijedlog GONG-a (koji se do na numeraciju izbornih jedinica podudara s prijedlogom iz rada Žugaj & Šterc, 2016), prijedlog SDP-a (Slika 1) te vlastite prijedloge NOVI-6a i NOVI-6b (Slika 2). Također, navodimo vlastite prijedloge s 10 izbornih jedinica NOVI-10a i NOVI-10b (v. Sliku 2). Važno je napomenuti da je za podatke o broju birača korišten broj punoljetnih stanovnika preuzet iz Popisa stanovništva 2021. godine, i to na način da je od ukupnog broja stanovnika oduzet broj stanovnika starosti od 0 do 17 godina.

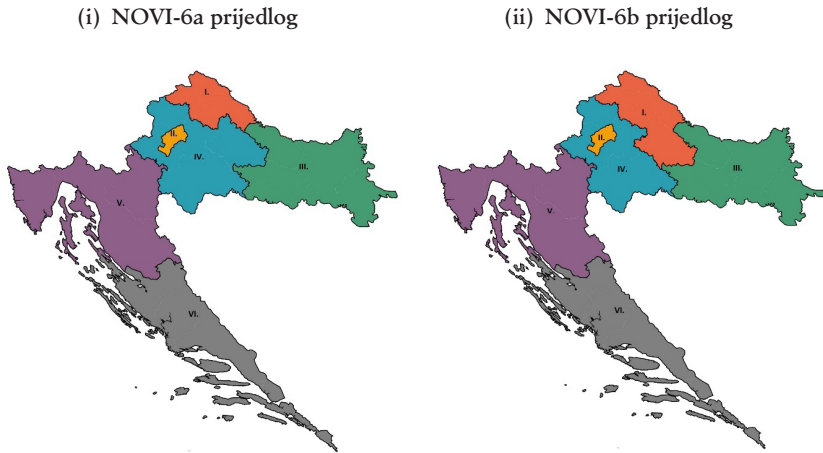
2.1. Prijedlozi sa šest izbornih jedinica

Slika 1: *Prijedlozi konfiguracija GONG-a i SDP-a sa šest izbornih jedinica*



Izvor: autori.

Slika 2: Prijedlozi NOVI-6a i NOVI-6b sa šest izbornih jedinica



Izvor: autori.

GONG-ov i SDP-ov prijedlog. U skladu s GONG-ovim te SDP-ovim prijedlogom, prostor Hrvatske podijeljen je u šest izbornih jedinica sastavljenih od županija na način prikazan u Tablici 1.

Tablica 1: GONG-ov i SDP-ov prijedlog sa šest izbornih jedinica

Izborna jedinica	GONG-ov prijedlog	SDP-ov prijedlog
I.	(401 283 punoljetna stanovnika, 17 zastupnika): Međimurska županija, Varaždinska županija, Krapinsko-zagorska županija i Koprivničko-križevačka županija	(629 366 punoljetnih stanovnika, 28 zastupnika): Grad Zagreb
II.	(629 366 punoljetnih stanovnika, 28 zastupnika): Grad Zagreb	(485 413 punoljetnih stanovnika, 21 zastupnik): Međimurska županija, Varaždinska županija, Koprivničko-križevačka županija i Bjelovarsko-bilogorska županija
III.	(551 444 punoljetna stanovnika, 24 zastupnika): Vukovarsko-srijemska županija, Osječko-baranjska županija, Virovitičko-podravska županija, Brodsko-posavska županija i Požeško-slavonska županija	(551 444 punoljetna stanovnika, 24 zastupnika): Vukovarsko-srijemska županija, Osječko-baranjska županija, Virovitičko-podravska županija, Brodsko-posavska županija i Požeško-slavonska županija

IV.	(541 915 punoljetnih stanovnika, 24 zastupnika): Bjelovarsko-bilogorska županija, Zagrebačka županija, Sisačko-moslavačka županija i Karlovačka županija	(457 785 punoljetnih stanovnika, 20 zastupnika): Zagrebačka županija, Sisačko-moslavačka županija i Karlovačka županija
V.	(425 959 punoljetnih stanovnika, 18 zastupnika): Primorsko-goranska županija, Istarska županija i Ličko-senjska županija	(425 959 punoljetnih stanovnika, 18 zastupnika): Istarska županija, Primorsko-goranska županija i Ličko-senjska županija
VI.	(654 990 punoljetnih stanovnika, 29 zastupnika): Zadarska županija, Šibensko-kninska županija, Splitsko-dalmatinska županija i Dubrovačko-neretvanska županija	(654 990 punoljetnih stanovnika, 29 zastupnika): Zadarska županija, Šibensko-kninska županija, Splitsko-dalmatinska županija i Dubrovačko-neretvanska županija

Izvor: autori.

Dva prijedloga NOVI-6a i NOVI-6b sa šest izbornih jedinica. Prijedlozi NOVI-6a i NOVI-6b dobiveni su primjenom nove metode opisane u poglavlju 3., a prostor Hrvatske dijele na šest izbornih jedinica sastavljenih od županija kao što je navedeno u Tablici 2.

Tablica 3: Dva prijedloga Novi-6a i Novi-6b sa šest izbornih jedinica

Izborna jedinica	NOVI-6a prijedlog	NOVI-6b prijedlog
I.	(300 714 punoljetnih stanovnika, 13 zastupnika) Varaždinska županija, Koprivničko-križevačka županija i Međimurska županija	(384 844 punoljetna stanovnika, 17 zastupnika) Varaždinska županija, Koprivničko-križevačka županija, Bjelovarsko-bilogorska županija i Međimurska županija
II.	(629 366 punoljetnih stanovnika, 27 zastupnika) Grad Zagreb	(629 366 punoljetnih stanovnika, 27 zastupnika) Grad Zagreb
III.	(551 444 punoljetna stanovnika, 24 zastupnika) Virovitičko-podravska županija, Požeško-slavonska županija, Brodsko-posavska županija, Osječko-baranjska županija i Vukovarsko-srijemska županija	(551 444 punoljetna stanovnika, 24 zastupnika) Virovitičko-podravska županija, Požeško-slavonska županija, Brodsko-posavska županija, Osječko-baranjska županija i Vukovarsko-srijemska županija
IV.	(547 857 punoljetnih stanovnika, 24 zastupnika) Zagrebačka županija, Krapinsko-zagorska županija, Sisačko-moslavačka županija i Bjelovarsko-bilogorska županija	(463 727 punoljetnih stanovnika, 20 zastupnika) Zagrebačka županija, Krapinsko-zagorska županija i Sisačko-moslavačka županija

V.	(520 586 punoljetnih stanovnika, 23 zastupnika) Karlovačka županija, Primorsko-goranska županija, Ličko-senjska županija i Istarska županija	(520 586 punoljetnih stanovnika, 23 zastupnika) Karlovačka županija, Primorsko-goranska županija, Ličko-senjska županija i Istarska županija
VI.	(654 990 punoljetnih stanovnika, 29 zastupnika) Zadarska županija, Šibensko-kninska županija, Splitsko-dalmatinska županija i Dubrovačko-neretvanska županija	(654 990 punoljetnih stanovnika, 29 zastupnika) Zadarska županija, Šibensko-kninska županija, Splitsko-dalmatinska županija i Dubrovačko-neretvanska županija

Izvor: autori.

Uočimo da je u oba prijedloga Grad Zagreb samostalna izborna jedinica. Pritom su razlike među njima prisutne samo u I. i IV. izbornoj jedinici. Prema prijedlogu NOVI-6a Bjelovarsko-bilogorska županija nalazi se u IV. izbornoj jedinici, dok se prema prijedlogu NOVI-6b, ona nalazi u I. izbornoj jedinici. Kasnije analize (v. poglavlje 6.) pokazat će određene kvantitativne prednosti prijedloga NOVI-6a.

2.2. Dva prijedloga NOVI-10a i NOVI-10b s 10 izbornih jedinica

Prijedlozi NOVI-10a i NOVI-10b također su dobiveni kao rezultat nove metode iz poglavlja 3., a prostor Hrvatske dijele na 10 izbornih jedinica sastavljenih od županija, kao što je navedeno u Tablici 4 te prikazano na Slici 3.

Tablica 4: Dva prijedloga NOVI-10a i NOVI-10b s 10 izbornih jedinica

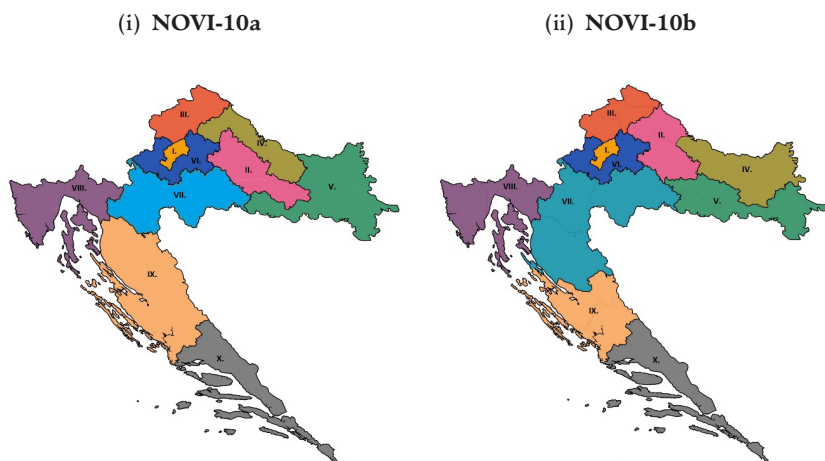
Izborna jedinica	NOVI-10a prijedlog	NOVI-10b prijedlog
I.	(629 366 punoljetnih stanovnika, 28 zastupnika) Grad Zagreb	(629 366 punoljetnih stanovnika, 28 zastupnika) Grad Zagreb
II.	(136 952 punoljetna stanovnika, 6 zastupnika) Bjelovarsko-bilogorska županija i Požeško-slavonska županija	(167 561 punoljetni stanovnik, 7 zastupnika) Koprivničko-križevačka županija i Bjelovarsko-bilogorska županija
III.	(317 852 punoljetna stanovnika, 14 zastupnika) Krapinsko-zagorska županija, Varaždinska županija i Međimurska županija	(317 852 punoljetna stanovnika, 14 zastupnika) Krapinsko-zagorska županija, Varaždinska županija i Međimurska županija

IV.	(141 652 punoljetna stanovnika, 6 zastupnika) Koprivničko-križevačka županija i Virovitičko-podravska županija	(273 119 punoljetnih stanovnika, 12 zastupnika) Virovitičko-podravska županija i Osječko-baranjska županija
V.	(440 401 punoljetni stanovnik, 19 zastupnika) Brodsko-posavska županija, Osječko-baranjska županija i Vukovarsko-srijemska županija	(278 325 punoljetnih stanovnika, 12 zastupnika) Požeško-slavonska županija, Brodsko-posavska županija i Vukovarsko-srijemska županija
VI.	(245 888 punoljetnih stanovnika, 11 zastupnika) Zagrebačka županija	(245 888 punoljetnih stanovnika, 11 zastupnika) Zagrebačka županija
VII.	(211 897 punoljetnih stanovnika, 9 zastupnika) Sisačko-moslavačka županija i Karlovačka županija	(248 084 punoljetna stanovnika, 11 zastupnika) Sisačko-moslavačka županija, Karlovačka županija i Ličko-senjska županija
VIII.	(389 772 punoljetna stanovnika, 17 zastupnika) Primorsko-goranska županija i Istarska županija	(389 772 punoljetna stanovnika, 17 zastupnika) Primorsko-goranska županija i Istarska županija
IX.	(249 353 punoljetna stanovnika, 11 zastupnika) Ličko-senjska županija, Zadarska županija i Šibensko-kninska županija	(213 166 punoljetnih stanovnika, 9 zastupnika) Zadarska županija i Šibensko-kninska županija
X.	(441 824 punoljetna stanovnika, 19 zastupnika) Splitsko-dalmatinska županija i Dubrovačko-neretvanska županija	(441 824 punoljetna stanovnika, 19 zastupnika) Splitsko-dalmatinska županija i Dubrovačko-neretvanska županija

Izvor: autori.

Slično kao u slučaju šest izbornih jedinica, ovdje je također u oba prijedloga Grad Zagreb samostalna izborna jedinica. Pritom su razlike među njima prisutne samo u II., IV., V., VII. i IX. izbornoj jedinici. Također, prijedlog NOVI-10b ima znatne sličnosti s izbornim jedinicama koje su na snazi do 1. listopada 2023., odnosno s novim prijedlogom Vlade iz 2023. godine (Vlada-2023), no pritom čuva granice županija. Kasnije analize (v. poglavlje. 6.) pokazat će da oba prijedloga imaju znatne kvantitativne prednosti u usporedbi s prijedlogom Vlada-2023.

Slika 3: Novi prijedlozi konfiguracija s 10 izbornih jedinica



Izvor: autori.

3. Nova metoda definiranja izbornih jedinica

Vlastiti prijedlozi NOVI-6a te NOVI-6b sa šest izbornih jedinica, kao i prijedlozi NOVI-10a te NOVI-10b s 10 izbornih jedinica, dobiveni su metodom koju opisujemo u nastavku. Pretpostavimo da općenito prostor Hrvatske želimo podijeliti u izbornih jedinica na način da sačuvamo granice županija. Pritom ćemo u k istu izbornu jedinicu uvrstiti županije koje međusobno graniče te po mogućnosti imaju sociološke, povijesne i političke sličnosti. Zato ćemo najprije na temelju Gauss-Krügerovih koordinata gradova i općina odrediti težinske Hausdorffove udaljenosti (v. Scitovski et al., 2021) u kilometrima između županija. Hausdorffova udaljenost između dviju županija u tom smislu definira se kao najveća od svih udaljenosti od bilo kojeg mjesta u jednoj županiji do najbližeg mjesta u drugoj županiji. Težine pojedinih mjesta u nekoj izbornoj jedinici, a kreću se između 0.1 i 1, definirane su tako da budu razmjerne broju punoljetnih stanovnika i u skladu s popisom stanovništva iz 2021. godine, pri čemu mjestu s najvećim brojem punoljetnih stanovnika pridružujemo težinu 1. Što je težinska Hausdorffova udaljenost dviju županija manja, to je veća mogućnost da one pripadnu istoj izbornoj jedinici, pri čemu tako definira-

ne težine mjesta u županiji osiguravaju da veća mjesta imaju i veći utjecaj na konfiguraciju.

Sociološke, povijesne te političke sličnosti unutar izborne jedinice možemo regulirati s pomoću matrice sličnosti između županija $M = (m_{ij}), i, j = 1 \dots, 21$. Elemente matrice M definiramo na sljedeći način: $m_{ij} \in [\delta, 100]$ ako županija i graniči sa županijom j (pri čemu veći broj označava višu razinu sličnosti), odnosno $m_{ij} = \delta$, ako te županije ne graniče. U praksi obično uzimamo $\delta = 0.05$.

Za izračunavanja konfiguracije izbornih jedinica koristit ćemo se metodom spektralnog klasteriranja (Ng, Jordan & Weiss, 2001), čije se detalje može vidjeti u dodatku na kraju rada. Nakon što se odredi konfiguracija svakoj od izbornih jedinica, potrebno je pridružiti broj zastupničkih mjesta i to tako da broj zastupnika bude što je više moguće razmjernan broju birača, za što se koriste metode raspodjele opisane u sljedećem poglavlju.

4. Metode raspodjele broja zastupničkih mjesta

Nakon što je prostor zemlje podijeljen u k izbornih jedinica I_1, \dots, I_k , svakoj je izbornoj jedinici potrebno pridružiti broj zastupničkih mjesta na način da broj zastupničkih mjesta bude razmjernan broju birača. U tu svrhu najprije uvedimo nekoliko oznaka:

Q – ukupni broj birača u zemlji koju se želi podijeliti u izbornih jedinica I_1, \dots, I_k

Q_j – broj birača u izbornoj jedinici I_j

$q_j = \frac{Q_j}{Q}$ – udio broja birača j -te izborne jedinice I_j u ukupnom broju birača

S – ukupni broj zastupničkih mjesta

S_j – broj zastupničkih mjesta u izbornoj jedinici I_j

$s_j = \frac{S_j}{S}$ – udio broja zastupničkih mjesta j -te izborne jedinice I_j u ukupnom broju zastupničkih mjesta.

Pritom očigledno vrijedi:

$$\sum_{j=1}^k S_j = S, \quad \sum_{j=1}^k Q_j = Q.$$

Metode raspodjele ukupnog broja zastupničkih mjesta S po izbornim jedinicama I_1, \dots, I_k mogu se općenito podijeliti u dvije skupine (v. Balinski & Joung (1975); Cortona et al. (1999); Gallagher (1992); Marošević, Sabo & Taler (2013)):

- kvotne metode
- djeliteljske metode.

4.1. Kvotne metode

Kvotne metode temelje se na kvocijentima, tj. kvotama z_j koje pripadaju pojedinoj izbornoj jedinici:

$$\lfloor z_j \rfloor \leq s_j \leq \lceil z_j \rceil, \quad \text{za sve } j = 1, \dots, k.$$

Raspodjela broja zastupničkih mjesta u pojedinoj izbornoj jedinici određuje se na osnovi cjelobrojnog dijela kvocijenta te se nakon toga neraspodijeljena zastupnička mjesta raspodjeljuje onim izbornim jedinicama koje imaju najveći ostatak.

Kvotne metode	Kvota
Hare-Niemeyerova metoda	(prirodna kvota) $z_j = \frac{Q_j}{Q} \cdot S$
Droopova kvota	$z_j = \frac{Q_j}{Q} \cdot (S + 1)$
Imperijalijeva kvota	$z_j = \frac{Q_j}{Q} \cdot (S + 2)$

4.2. Djeliteljske metode

Djeliteljske metode temelje se na rastućem nizu djelitelja:

$$d(0) < d(1) < d(2) < \dots < d(S-1).$$

Za svaku izbornu jedinicu j i svaki djelitelj računa se omjer između broja birača Q_j i odgovarajućeg djelitelja $d(m)$, $m = 0, 1, \dots, (S-1)$:

$$Q_j / d(0) > Q_j / d(1) > \dots > Q_j / d(S-1), \quad \text{za sve } j = 1, \dots, k.$$

Broj S zastupničkih mjesta raspodjeljuje se onim izbornim jedinicama koje imaju najveće omjere.

Djeliteljska metoda	Djelitelji
najmanji djelitelji	$d(m) = m (0, 1, 2, \dots)$
danska metoda	$d(m) = 1 + 3m (1, 4, 7, \dots)$
metoda harmonijske sredine	$d(m) = \frac{2m(m+1)}{2m+1} (0, \approx 1.33, 2.4, \dots)$
metoda jednakih proporcija	$d(m) = \sqrt{m(m+1)} (0, \approx 1.41, \dots)$
Sainte-Laguëova metoda	$d(m) = 1 + 2m (1, 3, 5, \dots)$
modificirana Sainte-Laguëova metoda	(1, 4, 3, 5, 7, ...)
d'Hondtova metoda	$d(m) = m + 1 (1, 2, 3, \dots)$
Imperijalijeva metoda	$d(m) = 1 + \frac{m}{2} (1, 1.5, 2, 2.5, \dots)$

Na kraju ovog poglavlja spomenimo da je radi određivanja broja zastupničkih mjesta u vlastitim prijedlozima *Novi-6a*, *Novi-6b*, *Novi-10a* te *Novi-10b* korištena d'Hondtova metoda.

5. Mjere ujednačenosti težina biračkih glasova

Promatramo neku konfiguraciju k izbornih jedinica I_1, \dots, I_k u zemlji s Q birača u kojoj se ukupno bira S zastupnika. Pretpostavimo da se u izbornoj jedinici I_j s Q_j birača bira S_j zastupnika i definiramo:

$$W_j = \frac{S_j}{Q_j} \text{ – težina biračkog glasa u izbornoj jedinici}$$

$$W = \frac{S}{Q} \text{ – opća težina biračkog glasa.}$$

Reći ćemo da svaki birač u zemlji ima jednaku težinu biračkog glasa, ako vrijedi:

$$W_j = W, \quad \text{za sve } j = 1, \dots, k. \quad (1)$$

Primijetimo da se uvjet (1) primjerice može postići na način da je cijela zemlja jedna izborna jedinica, odnosno ako je $k = 1$. Za $k > 1$ uvjet (1) općenito neće biti ispunjen, odnosno birači iz različitih izbornih jedinica općenito neće moći imati potpuno jednaku težinu biračkog glasa.

Ako za neku izbornu jedinicu I_j vrijedi $W_j > W$, kažemo da je ona nadzastupljena. Slično, ako za neku izbornu jedinicu I_j vrijedi $W_j < W$, kažemo da je ona podzastupljena. Posljedično, birač koji živi u nadzastupljenoj izbornoj jedinici imat će veću težinu biračkog glasa od birača koji živi u podzastupljenoj izbornoj jedinici.

Prema tome, problem ujednačavanja mjere zastupljenosti izbornih jedinica ekvivalentan je problemu ujednačavanja težina biračkih glasova po izbornim jedinicama. Zato ćemo u tom smislu u nastavku govoriti o problemu ujednačavanja težine biračkih glasova.

Cilj je zemlju podijeliti u k povezanih izbornih jedinica te odrediti broj zastupničkih mjesta za svaku izbornu jedinicu na način da se što je više moguće ujednače težine biračkih glasova.

U nastavku navodimo poznate indekse³ kojima je moguće mjeriti kvalitetu raspodjele broja zastupničkih mjesta po izbornim jedinicama koje na neki način mjere ujednačenost težine biračkog glasa (v. Marošević, Sabo & Taler, 2013). Pritom će manja vrijednost indeksa značiti ujednačenije težine biračkih glasova. Primjenom tih kriterija moći ćemo ocijeniti u javnosti dosad predložene konfiguracije izbornih jedinica s brojevima zastupničkih mjesta te nove prijedloge koji bi se uskoro mogli pojaviti.

- Raeov indeks (Rae, 1971)

$$RAE = \frac{100}{k} \sum_{i=1}^k |s_i - q_i|.$$

- Loosmore-Hanbyjev indeks (Karpov, 2008):

$$LHI = 50 \sum_{i=1}^k |s_i - q_i|.$$

- Gallagherov indeks (Gwizdala, 2008):

$$GALL = 100 \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (s_i - q_i)^2}.$$

Osim toga, navest ćemo još dvije relativne mjere kojima ćemo se koristiti u metodi za definiranje izbornih jedinica, odnosno u analizi dobivenog rješenja:

³ Originalni indeksi ovdje su iz tehničkih razloga pomnoženi sa 100.

- maksimalno postotno odstupanje težina biračkih glasova:

$$\text{MPO} = 100 \frac{\max_{j=1,\dots,k} w_j - \min_{j=1,\dots,k} w_j}{\min_{j=1,\dots,k} w_j}$$

- mjera relativne zastupljenosti izborne jedinice:⁴

$$\text{MRZ}_j = 100 \frac{w_j - w}{w} = 100 \left(\frac{S_j}{q_j} - 1 \right), j = 1, \dots, k.$$

Posebno ćemo se osvrnuti na indekse: maksimalno postotno odstupanje težina biračkih glasova (MPO) te mjeru relativne zastupljenosti (MRZ_j) izborne jedinice .

Indeks MPO označava relativnu razliku u postocima između najveće i najmanje težine biračkog glasa. Ako je $p\%$ unaprijed zadana tolerancija i ako je MPO manji od $p\%$, u svake će se dvije izborne jedinice težine biračkih glasova međusobno razlikovati za najviše $p\%$.

Indeks MRZ_j relativna je razlika između težine biračkog glasa W_j , j -te izborne jedinice I_j i opće težine biračkog glasa W . Ako je $p\%$ unaprijed zadana tolerancija i ako je MRZ_j manji od $p\%$, za sve $j = 1, \dots, k$, težina biračkog glasa u svakoj izbornoj jedinici razlikovat će se od opće težine biračkog glasa za najviše $p\%$. Nadalje, ako za izbornu jedinicu I_j vrijedi $\text{MRZ}_j < 0$, onda je broj zastupnika u toj izbornoj jedinici podzastupljen, tj. manji nego što bi se to moglo očekivati s obzirom na broj birača Q_j , a ako je $\text{MRZ}_j > 0$, broj je zastupnika u toj izbornoj jedinici nadzastupljen, tj. veći nego što bi se to moglo očekivati s obzirom na broj birača Q_j .

6. Usporedba konfiguracija izbornih jedinica

Upotrebljavajući indekse za mjerenje ujednačenosti težina biračkih glasova navedene u poglavlju 5., usporedit ćemo konfiguracije navedene u poglavlju 3.

6.1. Usporedba konfiguracija sa šest izbornih jedinica

U Tablici 4 prikazane su vrijednosti mjere relativne zastupljenosti MRZ_j svih izbornih jedinica. Vidljivo je da su prema GONG-ovu prijedlogu sljedeće izborne jedinice podzastupljene ($\text{MRZ}_j < 0$): I. izborna jedinica (Me-

⁴ Ako su $p_{\min} = |\min_{i=1,\dots,k} \text{MRZ}_i|$ te $p_{\max} = |\max_{i=1,\dots,k} \text{MRZ}_i|$, onda se može pokazati da je

$$\text{MPO} = 100 \frac{p_{\min} + p_{\max}}{100 - p_{\min}}.$$

dimurska županija, Varaždinska županija, Krapinsko-zagorska županija i Koprivničko-križevačka županija), III. izborna jedinica (Vukovarsko-srijemska županija, Osječko-baranjska županija, Virovitičko-podravska županija, Brodsko-posavska županija i Požeško-slavonska županija) i V. izborna jedinica (Primorsko-goranska županija, Istarska županija i Ličko-senjska županija). Ostale su izborne jedinice nadzastupljene ($MRZ_j > 0$).

U skladu sa SDP-ovim prijedlogom sljedeće su izborne jedinice podzastupljene ($MRZ_j < 0$): II. izborna jedinica (Međimurska županija, Varaždinska županija, Koprivničko-križevačka županija i Bjelovarsko-bilogorska županija), III. izborna jedinica (Vukovarsko-srijemska županija, Osječko-baranjska županija, Virovitičko-podravska županija, Brodsko-posavska županija i Požeško-slavonska županija) i V. izborna jedinica (Istarska županija, Primorsko-goranska županija i Ličko-senjska županija). Ostale su izborne jedinice nadzastupljene ($MRZ_j > 0$).

Prema *Novi-6a* prijedlogu sljedeće su izborne jedinice podzastupljene ($MRZ_j < 0$): I izborna jedinica (Varaždinska županija, Koprivničko-križevačka županija i Međimurska županija). II. izborna jedinica (Grad Zagreb) te III. izborna jedinica (Virovitičko-podravska županija, Požeško-slavonska županija, Brodsko-posavska županija, Osječko-baranjska županija i Vukovarsko-srijemska županija). Ostale su izborne jedinice nadzastupljene ($MRZ_j > 0$).

Prema *Novi-6b* prijedlogu sljedeće su izborne jedinice podzastupljene ($MRZ_j < 0$): II. izborna jedinica (Grad Zagreb), III. izborna jedinica (Virovitičko-podravska županija, Požeško-slavonska županija, Brodsko-posavska županija, Osječko-baranjska županija i Vukovarsko-srijemska županija), IV. izborna jedinica (Virovitičko-podravska županija, Požeško-slavonska županija, Brodsko-posavska županija, Osječko-baranjska županija i Vukovarsko-srijemska županija). Ostale su izborne jedinice nadzastupljene ($MRZ_j > 0$).

Tablica 4: Mjere relativne zastupljenosti za modele sa šest izbornih jedinica

	I	II	III	IV	V	VI
GONG	-3.018	1.847	-0.367	1.385	-3.262	1.358
SDP	1.847	-0.962	-0.367	0.014	-3.262	1.358
NOVI-6a	-1.034	-1.790	-0.367	0.286	1.142	1.358
NOVI-6b	1.124	-1.790	-0.367	-1.267	1.142	1.358

Izvor: autori.

U Tablici 5 prikazane su vrijednosti svih indeksa iz poglavlja 5. Usporedbom tih indeksa vidljivo je da su najmanje vrijednosti prisutne kod prijedloga *Novi-6a*, što znači da su težine biračkih glasova u skladu s navedenim indeksima najbolje ujednačene upravo kod *Novi-6a* prijedloga.

Tablica 5: Vrijednosti svih indeksa iz poglavlja 5. za modele sa šest izbornih jedinica

	RAE	LH	GALL	MPO
GONG	0.291	0.872	0.547	5.3
SDP	0.229	0.686	0.448	5.3
NOVI-6a	0.171	0.512	0.354	3.2
NOVI-6b	0.199	0.598	0.381	3.2

Izvor: autori.

Prijedlozi *NOVI-6a* te *NOVI-6b* dobiveni su kao rješenja algoritma temeljenog na novoj predloženoj metodi. Potrebno je unaprijed zadati toleranciju ε na indeks $|MRZ_j|$, a na temelju toga algoritam daje konfiguracije za koje vrijedi $|MRZ_j| < \varepsilon$. Primjerice, ako zadamo $\varepsilon = 5$ te vezu Zagreba sa županijama s kojima graniči postavimo na $\delta = 0.05$ (v. dodatak) s ciljem dobivanja konfiguracije u kojoj je Zagreb samostalna izborna jedinica, dobivamo ukupno 37 rješenja, koja su prikazana u Tablici 6. Važno je napomenuti da je broj pridruženih zastupnika pojedinoj izornoj jedinici određen d'Hondtovom metodom.

Tablica 6: Sve konfiguracije izbornih jedinica koje daje algoritam za $|MRZ_j| < 5$, pri čemu je Grad Zagreb samostalna izborna jedinica.

	5	6	20	21	10	11	12	14	16	1	2	3	7	4	8	9	18	13	15	17	19	$ MRZ $	
N6a	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.79
N6b	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.79
Rj.3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2.11
Rj.4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.85
Rj.5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.79
Rj.6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.85
Rj.7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3.35
Rj.8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3.36
Rj.9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3.35
Rj.10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3.35

Ako našem algoritmu zadamo $\varepsilon = 5$, te vezu Zagreba sa županijama s kojima graniči postavimo na $\delta = 0.05$ s ciljem dobivanja konfiguracije u kojoj je Zagreb samostalna izborna jedinica, dobivamo ukupno 32 rješenja s 10 izbornih jedinica, među kojima su *NOVI-10a* te *NOVI-10b*.

Tablica 7: Mjere relativne zastupljenosti za modele s 10 izbornih jedinica

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Vlada-2023	-0.859	1.424	-3.524	-2.102	8.437	-4.312	0.036	-0.528	3.188	-0.608
NOVI-10a	1.847	0.294	0.832	-3.033	-1.236	2.412	-2.767	-0.154	0.989	-1.554
NOVI-10b	1.847	-4.364	0.832	0.583	-1.299	2.412	1.505	-0.154	-3.346	-1.554

Izvor: autori.

Tablica 8: Vrijednosti svih indeksa iz poglavlja 5. s 10 izbornih jedinica

	RAE	LH	GALL	MPO
Vlada-2023	0.246	1.231	0.747	13.3
NOVI-10a	0.144	0.720	0.391	5.6
NOVI-10b	0.159	0.796	0.418	7.1

Izvor: autori.

6.3. Konfiguracija u kojoj se izborne jedinice podudaraju sa županijama

Prirodno je postaviti pitanje zašto se izborne jedinice jednostavno ne podudaraju sa županijama (v. Pervan, 2018) te se broj zastupničkih mjesta te županije određuje na način da on bude razmjernan broju birača u županiji primjenom neke od metoda iz poglavlja 4. U tom smislu izrađen je izračun broja zastupnika korištenjem svih navedenih metoda. Najmanje maksimalno postotno odstupanje (MPO) koje je moguće dobiti iznosi 60.9%, a daje ga primjerice Hare-Niemeyerova metoda. To znači da postoje barem dvije županije u kojima se težina biračkog glasa međusobno razlikuje za više od 60%. Odgovarajući brojevi zastupnika navedeni su u zagradama: Zagrebačka županija (11), Krapinsko-zagorska županija (4), Sisačko-moslavačka županija (5), Karlovačka županija (4), Varaždinska županija (6),

Koprivničko-križevačka županija (4), Bjelovarsko-bilogorska županija (4), Primorsko-goranska županija (10), Ličko-senjska županija (2), Virovitičko-podravska županija (2), Požeško-slavonska županija (2), Brodsko-posavska županija (5), Zadarska županija (6), Osječko-baranjska županija (9), Šibensko-kninska županija (4), Vukovarsko-srijemska županija (5), Splitsko-dalmatinska županija (15), Istarska županija (7), Dubrovačko-neretvanska županija (4), Međimurska županija (4) te Grad Zagreb (27). Najviše je podzastupljena izborna jedinica Virovitičko-podravska županija ($MRZ_j = -21.360$), dok je Ličko-senjska županija izborna jedinica koja je najviše nadzastupljena ($MRZ_j = 26.523$).

Prednost je takva modela postizanje regionalne zastupljenosti, no navedeni izračun pokazuje da je u izbornim jedinicama koje se podudaraju sa županijama nemoguće postići približno jednaku težinu biračkog glasa.

7. Zaključak

U radu je pokazano kako je moguće napraviti konfiguraciju izbornih jedinica na način da se sačuvaju granice županija a da pritom relativne razlike u težinama biračkih glasova budu unutar unaprijed zadane točnosti. Pri izradi prijedloga konfiguracije izbornih jedinica potrebno je definirati broj izbornih jedinica te maksimalnu relativnu razliku u težinama biračkih glasova na temelju čega metoda određuje konfiguracije koje zadovoljavaju taj uvjet. Nakon što se izradi prijedlog, potrebno ga je evaluirati i usporediti s drugim prijedlozima u smislu navedenih indeksa te kao konačno rješenje uzeti ono koje pokazuje najbolja svojstva.

Prezentirana su dva prijedloga izbornih jedinica sa šest izbornih jedinica te dva prijedloga s 10 izbornih jedinica. Prijedlozi su izabrani iz skupa rješenja koje daje algoritam temeljen na vlastitoj metodi. Rezultat algoritma moguće su konfiguracije za koje je maksimalno apsolutno relativno odstupanje težine biračkog glasa po izbornim jedinicama od prosječne težine biračkog glasa manje od unaprijed zadane točnosti koju smo postavili na 5%.

Kvantitativna usporedba indeksa prijedloga sa šest izbornih jedinica NOVI-6a i Novi-6b s prijedlozima GONG-a i SDP-a pokazuje kako prijedlozi NOVI-6a i NOVI-6b imaju neznatno bolja svojstva.

Također, prijedlozi s 10 izbornih jedinica NOVI-10a i NOVI-10b u smislu indeksa nešto su lošiji od konfiguracija sa šest izbornih jedinica. S druge strane, budući da je podjela na 10 izbornih jedinica u Hrvatskoj na sna-

zi više od dva desetljeća, navedeni prijedlozi mogli bi se također uzeti u obzir.

Odstupanja u težini biračkog glasa kod prijedloga u kojem se izborne jedinice podudaraju sa županijama iznose više od 60 % te u tom smislu takav prijedlog nije primjeren.

Konačno, najnoviji prijedlog Vlada-2023: (1) ne poštuje granice županija, (2) na temelju popisa stanovništva težine biračkih glasova po izbornim jedinicama međusobno se razlikuju za više od 13 % te (3) vrijednosti indeksa pokazuju se višima u usporedbi sa svim prijedlozima.

Važno je naglasiti da parametar $\gamma > 0$ određujemo tako da se izborne jedinice sastoje od županija koje međusobno graniče te da indeksi MPO ili $|\text{MRZ}_j|$ budu manji od unaprijed zadane tolerancije. Pritom se za raspodjelu broja zastupničkih mjesta možemo koristiti nekom od metoda koje su opisane u poglavlju 4.

Literatura

- Balinski, M. L., & Young, H. P. (1975). The quota method of apportionment. *American Mathematical Monthly*, 82(7), 701–729, <https://doi.org/10.1080/0029890.1975.11993911>
- Cortona, P. G., Manzi, C., Pennisi, A., Rocca, F., & Simeone, B. (1999). *Evaluation and Optimization of Electoral Systems*. Philadelphia, USA: SIAM Philadelphia.
- Čular, G. (2018). Metodološki izazovi ustavnog sudovanja: učinci podjele na izborne jedinice na rezultate izbora u Hrvatskoj 2000–2016. *Anali Hrvatskog politološkog društva*, 15(1), 7–28, <https://doi.org/10.20901/an.15.01>
- Felsenthal, D. S., & Machover, M. (2012). *Electoral systems: Paradoxes, assumptions, and procedures*. Cham, Switzerland: Springer, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20441-8>
- Gallagher, M., & Mitchell, R. (2008). *The politics of electoral systems*. Oxford & New York: Oxford University Press.
- Gallagher, M. (1992). Comparing proportional representation electoral systems: Quotas and thresholds and paradoxes and majorities. *British Journal of Political Science*, 22(4), 469–496, <https://doi.org/10.1017/S0007123400006499>
- Grofman, B., & Hanley, L. (2008). *Redistricting in comparative perspective*. Oxford & New York: Oxford University Press, <https://doi.org/10.1093/oso/9780199227402.001.0001>
- Gwizdalla, T. M. (2008). Gallagher index for sociophysical models. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(12), 2937–2951, <https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.028>

- Harfst, P. (2016). The political consequences of changes in district magnitude. *Acta Politica*, 52(3), 406–427, <https://doi.org/10.1057/s41269-016-0022-0>
- Herron, E. S., Pekkanen, R. J., & Shugart, M. S. (Eds.) (2017). *The Oxford handbook of electoral systems*. Oxford & New York: Oxford University Press, <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190258658.001.0001>
- Karpov, A. (2008). Measurement of disproportionality in proportional representation systems. *Mathematical and Computer Modelling*, 48(9/10), 1421–1438, <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2008.05.027>
- Kasapović, M. (2017). Jesu li izborni sustavi sredstva dramatična utjecaja na sudbine zemalja? *Političke analize*, 8(32), 17–21.
- Klingemann, H. (2009). *The comparative study of electoral systems*. Oxford & New York: Oxford University Press, <https://doi.org/10.1093/oso/9780199217359.001.0001>
- Lachat, R., Blais A., & Lago I. (2015). Assessing the mechanical and psychological effects of district magnitude. *Journal of Elections, Public Opinion and Parties*, 25(3), 284–299, <https://doi.org/10.1080/17457289.2014.1002791>
- Lin, J.-W. (2003). Looking for the magic number: the optimal district magnitude for political parties in D'Hondt PR and SNTV. *Electoral Studies*, 22(1), 49–63, [https://doi.org/10.1016/S0261-3794\(01\)00051-8](https://doi.org/10.1016/S0261-3794(01)00051-8)
- Marošević, T., Sabo, K., & Taler, P. (2013). A mathematical model for uniform distribution voters per constituencies. *Croatian Operational Research Review*, 4, 53–64.
- Moser, R., & Scheiner, E. (2012). *Electoral systems and political context: How the effects of rules vary across new and established democracies*. Cambridge & New York: Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/CBO9781139178945>
- Nikić Čakar, D., & Čular, G. (2022). Democratic consolidation and electoral system change in Croatia: What is wrong with the proportional representation? *Political Studies Review*, 20(4), 564–577, <https://doi.org/10.1177/14789299221084856>
- Ng, A. Y., Jordan, M. I., & Weiss, Y. (2001). On spectral clustering: Analysis and an algorithm. In: *Advances in neural information processing systems* (pp. 849–856). Massachusetts, USA: MIT Press, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.19.8100>
- Pervan, M. (2018). Mehanički učinci izbornog sustava: slučaj izbornih jedinica u Hrvatskoj. *Političke analize*, 9(33/34), 26–32.
- Podolnjak, R. (2013). Suvremeni hrvatski izborni inženjering kao sofisticirani oblik izborne manipulacije. *Zbornik Pravnog fakulteta u Zagrebu*, 63(1), 155–187.
- Rae, D. W. (1971). *The political consequences of electoral laws*. 2 edition. New Haven, SAD: Yale University Press.
- Raos, V. (2023). Listovni razmjerni sustav u Hrvatskoj nakon 20 godina: izuzetan ili tipičan? *Anali Hrvatskog politološkog društva*, 20(1), 39–58, <https://doi.org/10.20901/an.20.03>
- Sabo, K., Scitovski, R., & Taler, P. (2012). Ravnomjerna raspodjela broja birača po izbornim jedinicama na bazi matematičkog modela. *Hrvatska i komparativna javna uprava*, 12(1), 229–249

- Scitovski, R., Sabo, K., Martíñez-Álvarez, F., & Ungar, Š (2021). *Cluster Analysis and Applications*. Cham, Switzerland: Springer, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-74552-3>
- Žugaj, M., & Šterc, S. (2016). Hrvatske izborne jedinice — postojeći nesklad i buduće promjene. *Pilar XI* 22(2), 9–33.

Pravni izvori

- Zakon o izbornim jedinicama za izbor zastupnika u Zastupnički dom Hrvatskog državnog sabora, NN 116/99, 24/23.
- Zakon o izbornim jedinicama za izbor zastupnika u Hrvatski sabor, NN 114/23.
- Zakon o područjima županija, gradova i općina u Republici Hrvatskoj, NN 86/06, 125/06, 16/07, 95/08, 46/10, 145/10, 37/13, 44/13, 45/13, 110/15.
- Odluka Ustavnog suda Republike Hrvatske broj: U-I-4089/2020 i dr. od 7. veljače 2023. i šest izdvojenih mišljenja sudaca, NN 24/2023-409.

A NEW METHOD FOR DEFINING ELECTORAL UNITS IN CROATIA

Summary

The paper shows how it is possible to configure electoral units in such a way as to preserve the borders of the counties, while at the same time keeping the relative differences in the weights of voters' votes within the predetermined accuracy (i.e. 5%). When creating a proposal for the configuration of electoral units, it is necessary to define the number of electoral units and the maximum relative difference in the weights of electoral votes. After the proposal is made, it should be evaluated and compared with other proposals in terms of the indicated indices, and the one that shows the best properties should be taken as the final solution. Two proposals providing for six constituencies and two proposals providing for ten constituencies are presented. The proposals are chosen from a set of solutions provided by an algorithm based on its own method. As a result, the algorithm gives possible configurations for which the maximum absolute relative deviation of the weight of a voter's vote by electoral unit from the average weight of a voter's vote is less than the predetermined accuracy, which we set at 5%. A quantitative comparison of the index of the proposals of NOVI-6a and NOVI-6b with six constituencies with the proposals by GONG and SDP shows that the proposals of NOVI-6a and NOVI-6b have slightly better properties. Also, the proposals of NOVI-10a and NOVI-10b with ten constituencies, in terms of the indices, are slightly worse than the configurations with six constituencies. On the other hand, since the division into ten constituencies in Croatia has been in force for more than two decades, the aforementioned proposals could also be taken into account. The deviations in the weight of a voter's vote in the case of a proposal in which the constituencies coincide with the counties amount to over 60%, and in this sense such a proposal is not appropriate. Finally, the latest proposal by the Government from 2023: (1) does not respect the borders of counties, (2) based on the population census, the weights of voters' votes by electoral unit differ by more than 13%, and (3) the index values are higher compared to all proposals.

Keywords: elections, electoral units, weight of the electoral votes, apportionment methods, clustering

Prilog 1.: Metoda za definiranje izbornih jedinica

Metoda kojom smo se koristili za definiranje konfiguracije izbornih jedinica temelji se na metodi spektralnog klasteriranja. Nakon što su određene Hausdorffove udaljenosti između županija, s ciljem određivanja k -particije skupa županija najprije definiramo matricu $B(\gamma) = (b_{ij}(\gamma))$ s parametrom $\gamma > 0$ na sljedeći način

$$b_{ij}(\gamma) = \begin{cases} e^{-\gamma \frac{d(I_i, I_j)^2}{m_{ij}}} & , \quad i \neq j, i, j = 1, \dots, 21. \\ 0, & \text{inače,} \end{cases}$$

gdje su $d(I_i, I_j)$ težinske Hausdorffove udaljenosti između županija, dok m_{ij} predstavljaju mjeru sociološke, povijesne te političke sličnosti unutar izborne jedinice, definiraju se na sljedeći način $m_{ij} \in [\delta, 100]$, ako županija i graniči sa županijom j (pri čemu veći broj označava višu razinu sličnosti), odnosno $m_{ij} = \delta$, inače. U praksi obično uzimamo $\delta = 0.05$.

S pomoću matrice $B(\gamma)$ definiramo dijagonalnu matricu $D(\gamma)$ koja na dijagonali ima elemente

$$d_i(\gamma) = \sum_{j=1}^{21} b_{i,j}(\gamma)$$

te simetričnu matricu

$$L(\gamma) = D^{-1/2}(\gamma)B(\gamma)D^{-1/2}(\gamma).$$

Za matricu $L(\gamma)$ odredimo k svojstvenih vektora koji su pridruženi najvećim svojstvenim vrijednostima te formiramo matricu $X(\gamma) \in \mathbb{R}^{21 \times k}$, čiji su stupci ti svojstveni vektori. Na kraju normirano retke $X_i(\gamma)$ matrice $X(\gamma)$ i definiramo matricu $Y(\gamma) = (y_{ij}) \in \mathbb{R}^{21 \times k}$, gdje je $y_{ij}(\gamma) = \frac{x_{i,j}(\gamma)}{\|X_i(\gamma)\|}$.

Retke matrice $Y(\gamma)$ shvaćamo kao novu reprezentaciju županija u \mathbb{R}^k na koje primijenimo neku metodu klasteriranja, primjerice višestruko pokretanje tzv. k -means algoritma. Povratkom u originalni skup dobivamo traženu k -particiju skupa županija.