Alternativni eksperimentalni izbori[1]

Lavoslav Čaklović
PMF-MO

25. studenog 2014.

[1] Dokument je namijenjen kreatorima izbornog listića i izborne procedure

Sadržaj

Alternativni izbori $\equiv$ Izborna procedura razlikuje od danas poznatih.

Eksperimentalni izbori $\equiv$ Odvijaju se jednom, paralelno s aktualnim izborima na nekim izbornim jedinicama.

Namjena eksperimenta je ispitati prihvatljivost izborne metode za glasače i analitičare.

Ograničenja i zahtjevi

Zahtjevi na neke elemente izborne procedure:

A) **Jednostavan listić** ne dovodi glasača u nedoumicu što treba učiniti.
   - U suprotnom se povećava broj nevažećih listića.

B) Agregacija individualnih preferencija u socijalnu trebala bi biti **razumljiva** glasaču.
   - U suprotnom se glasač osjeća izmanipuliran.

C) Ustanoviti proceduru koja provjerava **ispravnost** glasačkog listića na licu mjesta.
   - Time se umanjuje broj nevažećih listića i mogućnost manipulacije s glasačkim listićima nakon zatvaranja biračkih mjesta.
   - To je moguće izvesti uz informatičku podršku.

D) **Manipulativnost** je latentno **prisutna** u svim izbornim procedurama:
   - ja manipuliram ako dajem prednost onom kandidatu koji nije moj izbor, a s namjerom da umanjim šansu kandidatu favoritu.

Što je cilj agregacije?

Cilj agregacije individualnih preferencija u skupnu može biti:

- **izbor jednog kandidata** (ili više njih),
- **rangiranje kandidata**.

Za korektnu matematičku definiciju potrebno je precizno definirati pojam *glasački listić*. Za neke je glasački listić strogi linearni uređaj (rang-lista), za neke druge je funkcija na skupu kandidata u zadani podskup skupa prirodnih brojeva (ocjena).

Definicija

Odabir je funkcija na skupu svih glasačkih listića s vrijednostima u skupu podskupova skupa kandidata.

Definicija

Socijalna funkcija je funkcija na skupu svih glasačkih listića s vrijednostima u skupu slabih (jakih) relacija preferencije na skupu kandidata.

Mi ćemo, jednostavnosti radi, govoriti o *izbornoj proceduri* ako nije bitno radi li se o *odabiru* ili *socijalnoj funkciji*.

Forma glasačkog listića

Od ponuđenih kandidata:

- Izražavanje naklonosti i nezadovoljstva:
  - zaokruži jednog ili više njih,
  - precrtaj jednog ili više njih.
- Rangiranje kandidata (slabi ili strogi uređaj):
  - potpuno,
  - parcijalno.
- Ocjenjivanje kandidata:
  - na ocjenskoj skali (0-100, na primjer),
  - na verbalnoj skali (izuzetna/an, dobra/ar, osrednja/i, zadovoljava, slaba, ne zadovoljava, nepodesna/an).
- Podjela kolačića/poena:
  - glasač dobiva košaricu s određenim brojem kolačića koje dijeli kandidatima,
- Uspoređivanje kandidata u parovima:
  - prednost se izražava na ocjenskoj ili verbalnoj skali.
- Kombinacija navedenih mogućnosti:
  - podjela kolačića + izražavanje nezadovoljstva

Prednosti i mane pojedinih formi glasačkog listića

- Izražavanje naklonosti i nezadovloljstva:
  - glasaču je **jasno** što treba učiniti,
  - glasač **nema mogućnost izraziti svoje nezadovoljstvo**,
  - **zbrajanje** glasova je jednostavno i **razumljivo** za glasače.
- Rangiranje kandidata (ordinalna skala):
  - **omogućava** glasaču **izraziti svoje preferencije** među kandidatima,
  - predstavlja **mentalni napor** za glasača,
  - agregacija izbornih listića **nije razumljiva** glasaču (osim za Bordinu metodu),
  - **moguće** su sofisticirane analize glasačkog tijela (klasterizacija).
- Ocjenjivanje kandidata na numeričkoj skali (*range voting*):
  - agregacija glasačkih listića pomoću **aritmetičke sredine** je razumljiva glasaču,
- Ocjenjivanje kandidata na lingvističkoj skali:
  - lingvistička skala je **prisutna u svijesti glasača** i ne treba ju posebno objašnjavati,
  - agregacija glasačkih listića pomoću **medijana** (Laraki) ili **OWA-operatora** (Lapresta) je **nerazumljiva** glasačima,

Ocjenjivanje kandidata ne predstavlja mentalni izazov za glasača.

Prednosti i mane pojedinih formi glasačkog listića - nastavak

- Podjela kolačića:
  - ograničavanje broja kolačića za jednog kandidata **smanjuje** manipulativnost,
  - predstavlja **veći** mentalni napor od **ocjenjivanja** i **manji** od **rangiranja**,
  - **nije nužno** podijeliti **sve** kolačiće,
  - **nije nužno** dati kolačić **svakom** kandidatu,
  - moguće je 'ugraditi' ***kolačić nezadovoljstva***,
- Uspoređivanje u parovima:
  - potpuno (**svaka dva** kandidata se **moraju** usporediti),
  - parcijalno (**samo neki** kandidati **se mogu** usporediti).
  - **izuzetno mentalno zahtjevno** za glasača (za više od tri kandidata),
  - **vremenski zahtjevno**,
  - **velika je vjerojatnost** da glasač **ne razumije** što treba učiniti,
  - agregacija preferencija **nije razumljiva** glasaču,
  - glasački listić je teško prilagoditi pisanoj formi.

Nevažeći listić. Kada i kako?

– Sadašnja procedura glasački listić proglašava nevažećim kod prebrojavanja.

– O poteškoćama i manipulacijama s listićima u SAD-u može se naći na web stranici *Spoiled ballots*. Članak sugerira da se ispita mogućnost uvođenja procedure koja bi upozoravala glasača ako je glasački listić nekorektan.

– O prevarama na parlamentarnim izborima u Ruskoj federaciji 2011 vidi članak *Enikolopov i dr. (PNAS, 2012)*.

Socijalni aksiomi

Kažemo da je izborna funkcija $\mathcal{S}$:

- *Paretova*, $\exists a \in A, \forall i \in G,\ a\pi_i x \implies x \neq \mathcal{S}(\pi)$.
  Pareto ***dominirana*** *alternativa u profilu* π ***ne može*** *biti izabrana. Ako neki kandidat* ***pobjeđuje svakog*** *drugog u 'duelu' onda je on i pobjednik izborne procedure (Condorcetov pobjednik)*
- *Monotona*, ako za svaka dva profila π, π', $\mathcal{S}(\pi) = a$ i $a\pi_i b$ povlači $a\pi'_i b$ za svakog glasača i i za svakog kandidata $b \neq a$, tada $\mathcal{S}(\pi') = a$.

  Ako je kandidat a ***pobjednik*** *za profil* π*, a* ***u svakoj komponenti*** *nekog drugog profila* π' *je a* ***popravio*** *svoj položaj iz profila* π*, tada je a* ***pobjednik*** *i za profil* π'.
- *Diktatorska*, ako postoji glasač i tako da je $\mathcal{S}(\pi)$ najbolji izbor tog glasača, tj. ako je $\forall b \in A$, $\mathcal{S}(\pi)\pi_i b$ (i **ne ovisi** o profilu).

Socijalni aksiomi – nastavak

- *Nemanipulativna*[2], ako za svaka dva profila π, π' i svakog glasača i, $\pi_j = \pi'_j, j \neq i \implies \mathcal{S}(\pi)\pi_i\mathcal{S}(\pi')$.

  *Ako **promjenom** svojih preferencija π_i u π'_i i-ti glasač **može isforsirati** promjenu pobjednika, onda je izborna funkcija **manipulativna**.*
- Ako neki kandidat **gubi od svakog** drugog u 'duelu' onda NE može biti pobjednik izborne procedure (*Condorcetov gubitnik*).
- **Brisanje** (dodavanje) jednog kanidata s liste kandidata **ne mijenja** socijalni poredak preostalih kandidata (*Aksiom nezavisnosti*).

[2] eng. *strategy-proof*

Teoremi nemogućnosti

Oznake:
– A, konačan skup kandidata
– $\mathcal{P}_A^n$, skup svih strogih preferencija[3] (linearnih uređaja) na A,
– $G = \{1, 2, \ldots, n\}$ – skup glasača.
– Element iz $\pi \in \mathcal{P}_A^n$ nazivamo *profilom preferencija* ili *profilom*.
– Profil je uređena n-torka linearnih uređaja (glasačkih listića).
– i-ta komponenta profila π_i, još u oznaci $\succ_i$, je poredak kandidata na izborima kako ga vidi i-ti glasač.

Definicija

$$\mathcal{C} : \mathcal{P}_A^n \to \mathcal{P}_A. \qquad \text{(Socijalna funkcija)}$$

$$\mathcal{S} : \mathcal{P}_A^n \to A, \qquad \text{(Izborna funkcija)}$$

Pobjednik izbora: $\mathcal{S}(\pi)$.

[3] Potpunih, refleksivnih, tranzitivnih i antisimetričnih relacija.

Teorem (Arrow 1963)

Neka je A skup kandidata, $\#(A) > 2$, S skup glasača, $s = \#(S)$, i $\mathcal{P}$ skup svih linearnih uređaja na K.
Ako socijalna preferencija $\mathcal{S} : \mathcal{P} \to \mathcal{P}$ zadovoljava aksiom nezavisnosti i Paretov aksiom onda je $\mathcal{S}$ diktatorstvo, tj. socijalni uređaj jednak je nekom individualnom uređaju bez obzira na glasački profil.

Teorem (Gibbard-Satterthwaite 1973/75)

Pretpostavimo da je broj kandidata na izborima $n \geqslant 3$. Tada je surjektivna i nemanipulativna izborna funkcija diktatorska.

'Potraga za demokracijom' kreće u raznim smjerovima. Jedan od njih je utilitaristički pristup u kojem se preferencije izražavaju preko funkcije vrijednosti (na nekoj skali), a danas doživljava razne modifikacije.

$A = \{a, b, c\}$ — kandidati na izborim (za 3 glasača). Ako ne postoji Condorcetov pobjednik onda je to prvi kandidat na popisu kandidata — u našem slučaju je to a. Pobjednik profila $\pi = (acb, cab, bca)$ je kandidat c koji nije izbor 1. glasača.

$1 \downarrow$ \ $2 \rightarrow$	abc	acb	bac	bca	cab	cba
abc	a	a	b	b	a	b
acb	a	a	b	b	c	c
bac	b	b	b	b	b	b
bca	b	b	b	b	b	b
cab	a	c	b	b	c	c
cba	b	c	b	b	c	c

3 bca

Tablica 1 : Tablica Condorcetovih pobjednika za profile od 3 glasača za 3 kandidata a, b, c.

Njegov izbor je a što se i vidi iz njegove rang-liste. Da bi isforsirao takav svoj izbor, 1. glasač umjesto acb nudi rang-listu abc.

Teorem (Teorem mogućnosti)

Neka su $v_1, \dots, v_n$ izmjerive funkcije vrijednosti članova grupe $G = \{1, \dots, n\}$. Neka je $V : \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$ diferencijabilna funkcija sa strogo rastućim derivacijama. Tada relacija $\succcurlyeq_G$ definirana s

$$a \succcurlyeq_G b \Leftrightarrow V(v_1(a), \dots, v_n(a)) \geqslant V(v_1(b), \dots, v_n(b))$$

zadovoljava sljedeća svojstva:

i) *(Slaba preferencija) $\succcurlyeq_G$ je slaba preferencija.*

ii) *(Netrivijalnost) $\succcurlyeq_G$ je definirana za svaki skup alternativa.*

iii) *(Univerzalnost domene) $\succcurlyeq_G$ je definirana za svaku n-torku funkcija vrijednosti $(v_1, \dots, v_n)$.*

iv) *(Binarna ovisnost) Uređaj na paru (realnih) alternativa ne ovisi o ostalim alternativama.*

v) *(Stroga preferencija) Ako za svakog člana grupe i vrijedi $v_i(a) > v_i(b)$, tada je $v_G(a) \succ v_G(b)$.*

vi) *(Ne diktatorstvu) Ne postoji član grupe i takav da vrijedi $v_i(a) > v_i(b) \Rightarrow v_G(a) \succ v_G(b)$.*

Nedostaci *utilitarističkih izbora*:

- Zahtijevaju interpersonalnu usporedbu korisnosti pojedinaca (jer je izmjeriva funkcija jedinstvena do na pozitivnu afinu transformaciju). U sportu je to još izvedivo. Kod izbora je glasač ultimativni donositelj odluke.
- Manipulativnost.
  Primjer:
  A, B – kandidati, 98 glasača daje prednost A, a dva glasača daju prednost B.

	I	II	
	98	2	Σ
A	1	0	98
B	0	99	198

Tablica 2 : Manipulativnost utilitarističkih izbora.

Većinska procjena

Balinski i Laraki (2007) suzili su ocjenjivačku skalu na opće prihvaćenu ordinalnu verbalnu skalu: *odličan (5), vrlo dobar (4), dobar (3), prihvatljiv (2), slab (1), nedovoljan (0)*. Operator agregacije je (manji) medijan profila.
Jedna 'paradoksalna' situacija.

Okrug I:

	ocjene	medijan
A	1, 3, 3, 4, 6	3
B	1, 2, 2, 6, 6	2

Okrug II:

	ocjene	medijan
A	2, 2, 5, 6, 6	5
B	1, 4, 4, 6, 6	4

Kandidat A pobjeđuje u oba okruga, a u cijelom izbornom tijelu pobjeđuje kandidat B.

Okrug II:

	ocjene	medijan
A	1, 2, 2, 3, 3, 4, 5, 6, 6, 6	3
B	1, 1, 2, 2, 4, 4, 6, 6, 6, 6	4

Dobra ordinalna kardinalnost

Danski obrazovni sustav, koji se prilagodio ECTS[4] sustavu, definira ocjene kao u tablici:

klasa	postotak*	opisna ocjena	ocjena
A	10%	odlično	?
B	25%	vrlo dobro	?
C	30%	dobro	?
D	25%	zadovoljava	?
E	10%	slabo	?
F		nedovoljno	?

* postotak od broja prolaznih testova.

Klasu A dobiva student koji je po svom uspjehu u gornjih 10% studenata. Sljedećih 25% dobiva klasu B itd...

[4] European Credit Transfer and Accumulation System

Dobra ordinalna kardinalnost

Danski obrazovni sustav, koji se prilagodio ECTS[4] sustavu, definira ocjene kao u tablici:

klasa	postotak*	opisna ocjena	ocjena
A	10%	odlično	12
B	25%	vrlo dobro	10
C	30%	dobro	7
D	25%	zadovoljava	4
E	10%	slabo	2
F		nedovoljno	0

* postotak od broja prolaznih testova.

Klasu A dobiva student koji je po svom uspjehu u gornjih 10% studenata. Sljedećih 25% dobiva klasu B itd... Ocjene 2, 4, 7, 10, 12 odražavaju intervale (postotaka) u drugom stupcu. Interval $[2, 3]$ (klasa E) je 10% duljine intervala $[2, 12]$, interval $(3, 5.5]$ (klasa D) je 25% duljine intervala $[2, 12]$ itd...

[4] European Credit Transfer and Accumulation System

Rezimirajmo:

Rezimirajmo:

Brojevi sami za sebe ne nude nikakvu informaciju dok se ne definira njihov smisao.

Rezimirajmo:

Brojevi sami za sebe ne nude nikakvu informaciju dok se ne definira njihov smisao.

Stoga ih je bolje izbjegavati, pogotovo u izborima, jer samo mogu zbunjivati glasače.

Rezimirajmo:

Brojevi sami za sebe ne nude nikakvu informaciju dok se ne definira njihov smisao.

Stoga ih je bolje izbjegavati, pogotovo u izborima, jer samo mogu zbunjivati glasače.

Za razliku od izbora, numeričke skale kod ocjenjivanja studenata se generacijama usklađuju i dograđuju i tako postaju 'intervalne skale', ako se to tako može nazvati.

Rezimirajmo:

Brojevi sami za sebe ne nude nikakvu informaciju dok se ne definira njihov smisao.

Stoga ih je bolje izbjegavati, pogotovo u izborima, jer samo mogu zbunjivati glasače.

Za razliku od izbora, numeričke skale kod ocjenjivanja studenata se generacijama usklađuju i dograđuju i tako postaju 'intervalne skale', ako se to tako može nazvati.

Kod izbora je takvo usklađivanje gotovo nemoguće imajući u vidu inertnost izbornog tijela i inertnost izbornih sustava općenito.

Rezimirajmo:

Brojevi sami za sebe ne nude nikakvu informaciju dok se ne definira njihov smisao.

Stoga ih je bolje izbjegavati, pogotovo u izborima, jer samo mogu zbunjivati glasače.

Za razliku od izbora, numeričke skale kod ocjenjivanja studenata se generacijama usklađuju i dograđuju i tako postaju 'intervalne skale', ako se to tako može nazvati.

Kod izbora je takvo usklađivanje gotovo nemoguće imajući u vidu inertnost izbornog tijela i inertnost izbornih sustava općenito.

A što sad?

Metoda potencijala

Metoda potencijala (Čaklović) konstruira socijalnu skalu preferencije na temelju izmjerenih i/ili procijenjenih 'prednosti' jedne alternative u odnosu na drugu.

1. Rezultat takvih usporedbi u parovima je usmjeren graf s težinama. Grafovi se agregiraju u multigraf.

2. Potencijal X čvora računa se rješavanjem laplaceove jednadžbe $A^T AX = A^T \mathcal{F}$ gdje je A matrica incidencije multigrafa, a $\mathcal{F}$ tok preferencije.

bodovi			
	1	2	suma
k1	4	5	9
k2	8	3	11

$k2 \xleftarrow{2} k1$ $\hookleftarrow$

prednost		
	1	2
k1	4	5
k2	8	3

$k2 \xleftarrow{4-2} k1$

Nepotpune informacije.

Ovo je primjer kako se informacije iz tablice preračunavaju u graf.

	broj listića			
	1	2	3	4
k1	4	5	*	1
k2	8	3	3	*
k3	5	2	4	4

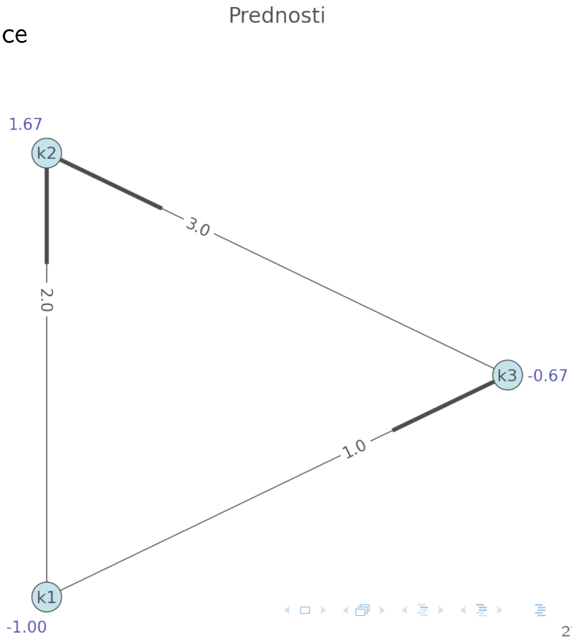
prednosti

$$k2 \xleftarrow{4-2} k1$$

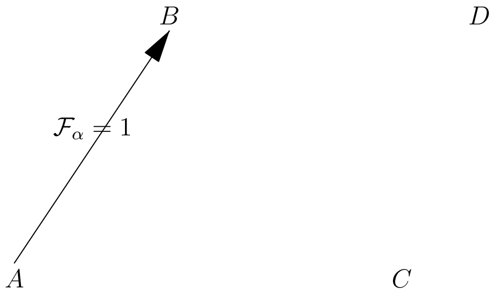
$$k3 \xleftarrow{1-3+3} k1$$

$$k2 \xleftarrow{3+1-1} k3$$

* nepotpuna inf.



Graf preferencije

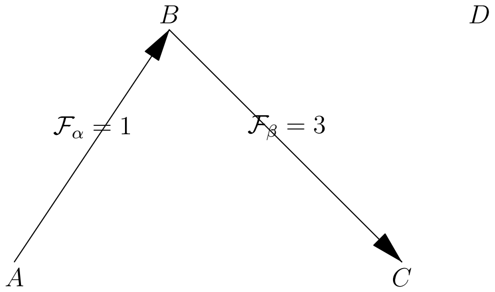


Tok preferencije $\mathcal{F}$

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1

Graf preferencije

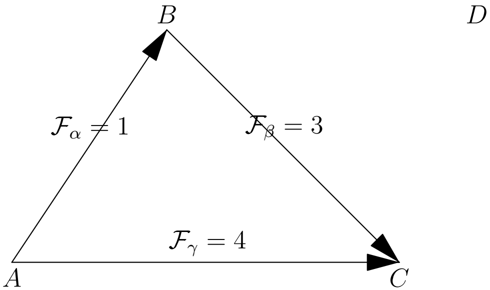


Tok preferencije $\mathcal{F}$

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3

Graf preferencije



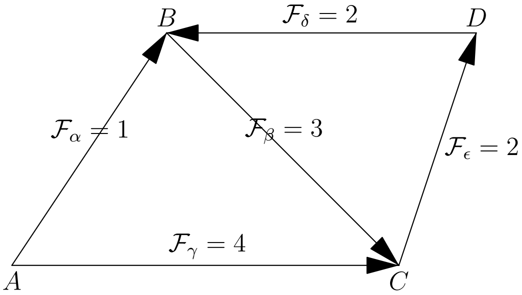
Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m\times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3
γ	-1	0	1	0	4

Graf preferencije



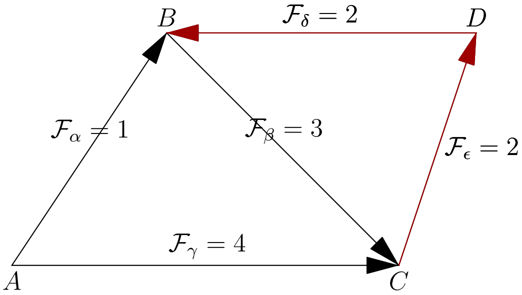
Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	−1	1	0	0	1
β	0	−1	1	0	3
γ	−1	0	1	0	4
δ	0	1	0	−1	2
ϵ	0	0	−1	1	2

Graf preferencije



Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$

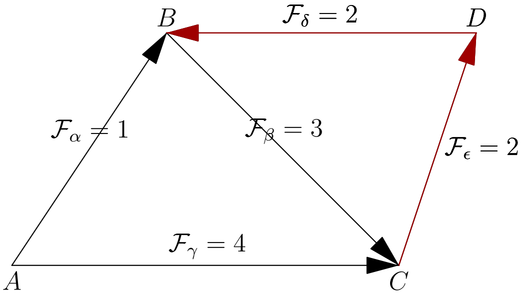
$$\mathcal{F}_\epsilon + \mathcal{F}_\delta + \mathcal{F}_\beta = 7$$

$\mathcal{F}$ ciklus DBCD nije konzistentan!

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3
γ	-1	0	1	0	4
δ	0	1	0	-1	2
ϵ	0	0	-1	1	2

Graf preferencije



Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$
$$\mathcal{F}_\epsilon + \mathcal{F}_\delta + \mathcal{F}_\beta = 7$$

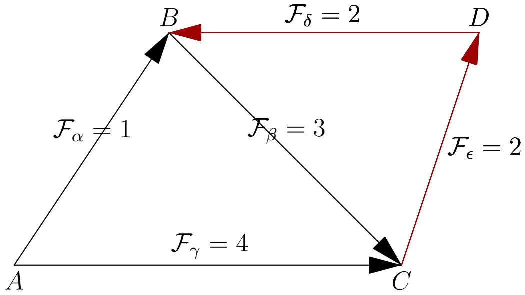
$\mathcal{F}$ ciklus DBCD nije konzistentan!

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3
γ	-1	0	1	0	4
δ	0	1	0	-1	2
ϵ	0	0	-1	1	2

$$N(A^T) \oplus R(A) = \mathbb{R}^m$$

Graf preferencije



Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$
$$\mathcal{F}_\epsilon + \mathcal{F}_\delta + \mathcal{F}_\beta = 7$$

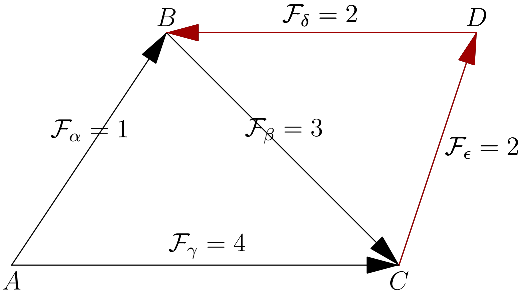
$\mathcal{F}$ ciklus DBCD nije konzistentan!

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3
γ	-1	0	1	0	4
δ	0	1	0	-1	2
ϵ	0	0	-1	1	2

$$N(A^T) \oplus R(A) = \mathbb{R}^m$$
$$c \oplus \mathcal{F}_o = \mathcal{F}$$

Graf preferencije



Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$
$$\mathcal{F}_\epsilon + \mathcal{F}_\delta + \mathcal{F}_\beta = 7$$

$\mathcal{F}$ ciklus DBCD nije konzistentan!

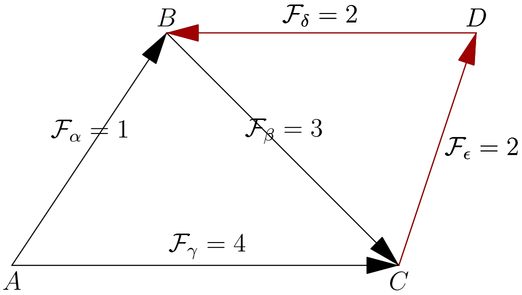
Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m\times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3
γ	-1	0	1	0	4
δ	0	1	0	-1	2
ϵ	0	0	-1	1	2

$$N(A^T) \oplus R(A) = \mathbb{R}^m$$
$$c \oplus \mathcal{F}_o = \mathcal{F}$$

$\mathcal{F}$ je konzistentan akko $\mathcal{F} \in R(A)$

Graf preferencije



Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$

$$\mathcal{F}_\epsilon + \mathcal{F}_\delta + \mathcal{F}_\beta = 7$$

$\mathcal{F}$ ciklus DBCD nije konzistentan!

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3
γ	-1	0	1	0	4
δ	0	1	0	-1	2
ϵ	0	0	-1	1	2

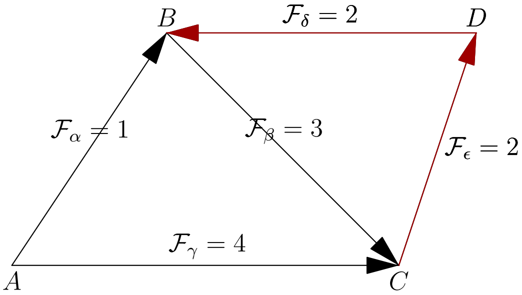
$$N(A^T) \oplus R(A) = \mathbb{R}^m$$

$$c \oplus \mathcal{F}_o = \mathcal{F}$$

$\mathcal{F}$ je konzistentan akko $\mathcal{F} \in R(A)$

$\mathcal{F}$ je konzistentan akko $AX = \mathcal{F}$

Graf preferencije



Tok preferencije $\mathcal{F}$

$$\mathcal{F}_\alpha + \mathcal{F}_\beta - \mathcal{F}_\gamma = 0$$
$$\mathcal{F}_\epsilon + \mathcal{F}_\delta + \mathcal{F}_\beta = 7$$

$\mathcal{F}$ ciklus DBCD nije konzistentan!

Matrica incidencije $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$

	nodes$_n$				flow
arcs$_m$	A	B	C	D	$\mathcal{F}$
α	-1	1	0	0	1
β	0	-1	1	0	3
γ	-1	0	1	0	4
δ	0	1	0	-1	2
ϵ	0	0	-1	1	2

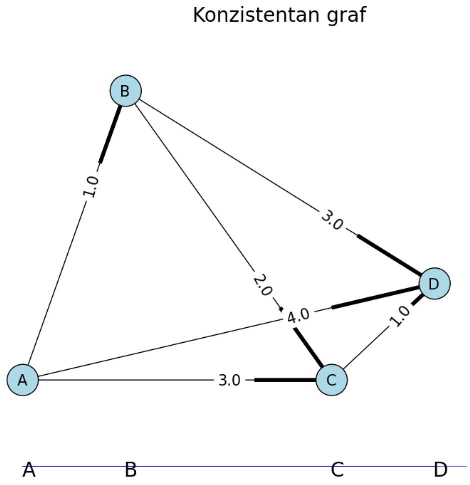
$$N(A^T) \oplus R(A) = \mathbb{R}^m$$
$$c \oplus \mathcal{F}_o = \mathcal{F}$$

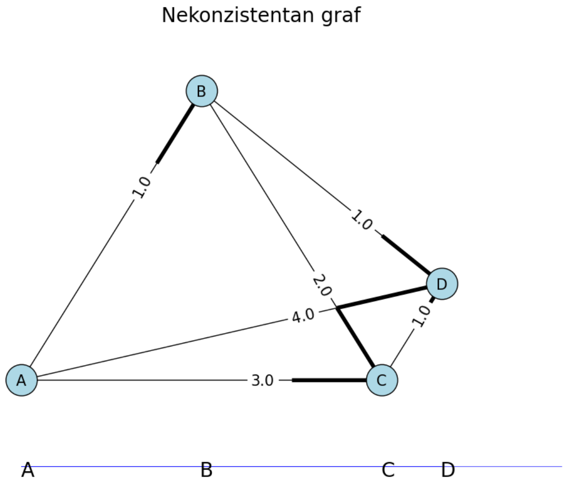
$\mathcal{F}$ je konzistentan akko $\mathcal{F} \in R(A)$

$\mathcal{F}$ je konzistentan akko $AX = \mathcal{F}$

$\mathcal{F}$ je konzistentan akko $c \perp \mathcal{F}, \forall c$

Konzistentnost (bis)



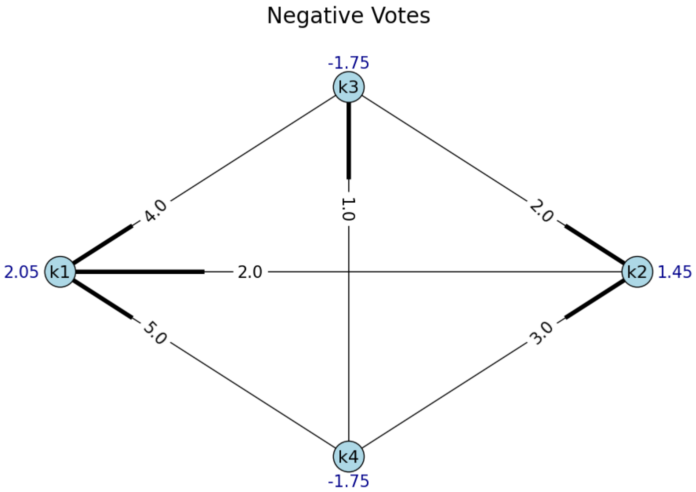


Podjela kolačića.

	kandidati			
glasač	k1	k2	k3	k4
1	3	2	$*$	1
2	5	4	1	$*$
3	4	5	$*$	$*$
4	4	4	$*$	1
5	4	2	$*$	-1
rang	1	2	3	3

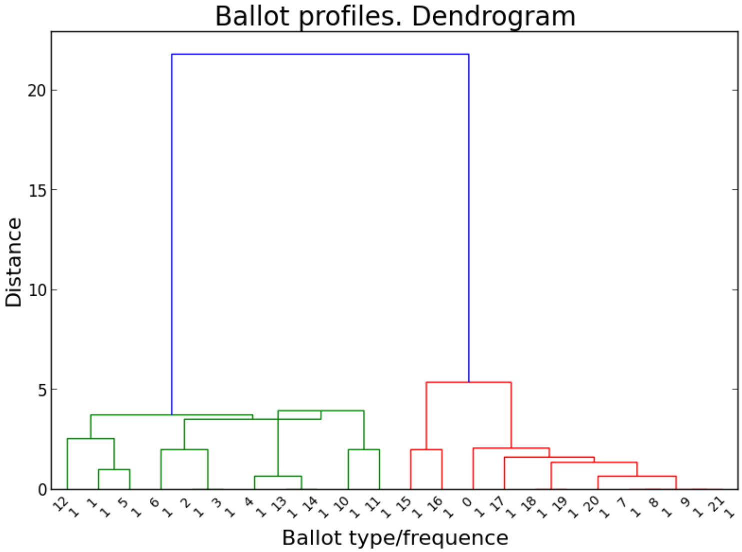
$* = 0$ bod[5], max $= 10$ bod

potencijal			
k1	k2	k3	k4
2.05	1.45	-1.75	-1.75



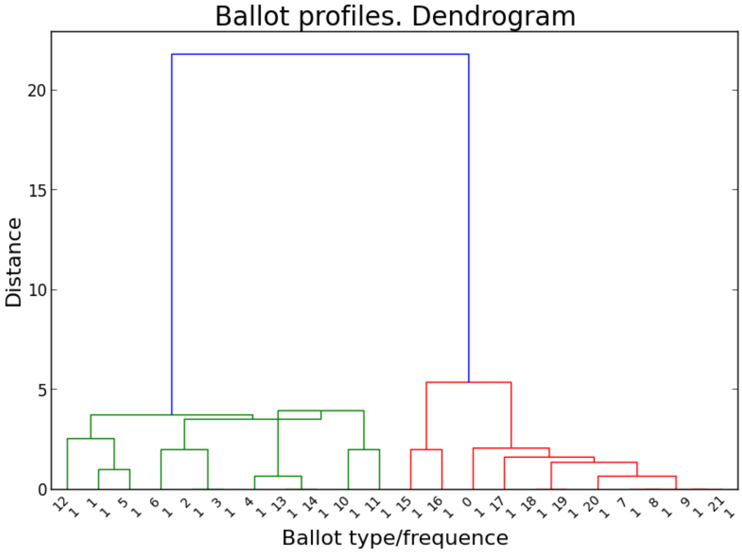
[5] $*$ se može interpretirati i kao *missing data*.

Klasterizacija biračkog tijela



– Objekte koje klasteriziramo su grafovi preferencije birača.

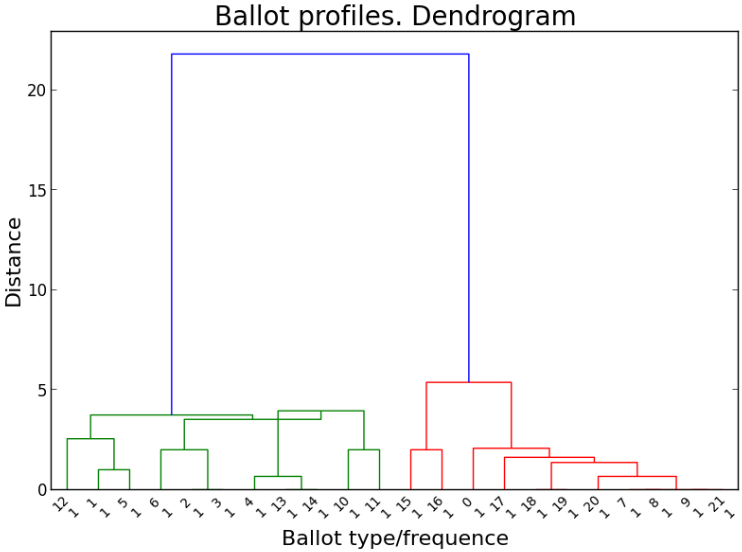
Klasterizacija biračkog tijela



– Objekte koje klasteriziramo su grafovi preferencije birača.

– Udaljenost među grafova jednaka je udaljenosti među generiranim potencijalima.

Klasterizacija biračkog tijela

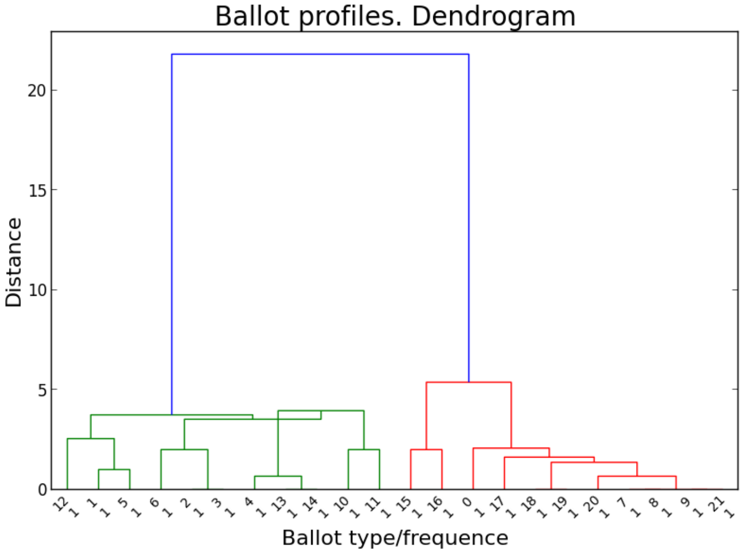


– Objekte koje klasteriziramo su grafovi preferencije birača.

– Udaljenost među grafova jednaka je udaljenosti među generiranim potencijalima.

– Udaljenost među klasterima jednaka je udaljenosti između odgovarajućih hipergrafova nastalim agregacijom individualnih grafova (centri).

Klasterizacija biračkog tijela



– Objekte koje klasteriziramo su grafovi preferencije birača.

– Udaljenost među grafova jednaka je udaljenosti među generiranim potencijalima.

– Udaljenost među klasterima jednaka je udaljenosti između odgovarajućih hipergrafova nastalim agregacijom individualnih grafova (centri).

– Algoritam izradio A. S. Kurdija (python).

Borda (1784) i Condorcet (1785)

1. mjesto	a	a	b	b	c
2. mjesto	b	c	a	c	b
3. mjesto	c	b	c	a	a
listića (23)	5	4	2	4	8

Tablica 3 : Grupni profil.

– Najviše prvih mjesta ima kandidat a (zatim c pa b).

[6] $m(x, y)$ – broj listića na kojima x dominira y.

Borda (1784) i Condorcet (1785)

1. mjesto	a	a	b	b	c
2. mjesto	b	c	a	c	b
3. mjesto	c	b	c	a	a
listića (23)	5	4	2	4	8

Tablica 3 : Grupni profil.

– Najviše prvih mjesta ima kandidat a (zatim c pa b).

– Međutim, 12 glasača (više od 50%) želi vidjeti a na posljednjem mjestu.

[6] $m(x, y)$ – broj listića na kojima x dominira y.

Borda (1784) i Condorcet (1785)

1. mjesto	a	a	b	b	c
2. mjesto	b	c	a	c	b
3. mjesto	c	b	c	a	a
listića (23)	5	4	2	4	8

Tablica 3 : Grupni profil.

- Najviše prvih mjesta ima kandidat a (zatim c pa b).
- Međutim, 12 glasača (više od 50%) želi vidjeti a na posljednjem mjestu.
- Borda predlaže metodu koja uvažava rang kandidata na svakom listiću (1. mj. 2 boda, 2. mj. 1 bod, 3. mj. 0 bodova): $a \to 20$, $b \to 25$, $c \to 24$.

[6] $m(x, y)$ – broj listića na kojima x dominira y.

Borda (1784) i Condorcet (1785)

1. mjesto	a	a	b	b	c
2. mjesto	b	c	a	c	b
3. mjesto	c	b	c	a	a
listića (23)	5	4	2	4	8

Tablica 3 : Grupni profil.

- Najviše prvih mjesta ima kandidat a (zatim c pa b).
- Međutim, 12 glasača (više od 50%) želi vidjeti a na posljednjem mjestu.
- Borda predlaže metodu koja uvažava rang kandidata na svakom listiću (1. mj. 2 boda, 2. mj. 1 bod, 3. mj. 0 bodova): $a \to 20$, $b \to 25$, $c \to 24$.
- Condorcet uspoređuje kandidate u parovima[6]: $m(c,b) = 12$, $m(c,a) = 12$, $m(b,a) = 14 \implies c \succ b \succ a$.

[6] $m(x,y)$ – broj listića na kojima x dominira y.

Hvala Srečku i Bernardi