

GRUPNO ODLUČIVANJE U VODOPRIVREDI PO RAZLIČITIM PREFERENTNIM METODIMA

Boško BLAGOJEVIĆ i Bojan SRĐEVIĆ
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda

REZIME

U radu je tretirano grupno odlučivanje u vodoprivredi kada članovi grupe subjektivno biraju metod za iskazivanje svojih preferenci. Pošto izabrani metodi mogu biti bitno različiti, generisanje grupne odluke zahteva uniformisanje, odnosno svođenje na istu metriku. Polazeći od nekih ranijih istraživanja, u radu je na primeru odlučivanja o vodama u slivu Krivaje pokazano kako se do grupne odluke može doći kada predstavnici više interesnih grupacija nezavisno biraju jedan od četiri naučno priznata metoda za iskazivanje preferenci. Koncept se zasniva na fazi preferencama i korišćenju OWA operatora.

Ključne reči: grupno donošenje odluka, preferentni metodi, sliv Krivaje

UVOD

Donošenje odluka vezanih za vodne resurse najčešće zahteva učešće većeg broja zainteresovanih strana (participanata, donosilaca odluka), da bi izabrano rešenje (plan, strategija, itd. - u daljem tekstu alternativa) bilo dugoročno održivo. Zbog toga je pristup ovoj problematici (grupnom donošenju odluka u vodoprivredi) aktuelan u svetu i kod nas o čemu svedoče brojni naučni i stručni dokumenti [1, 2, 14, 20-22]. Alternative o kojima se odlučuje često se ne mogu valorizovati samo kvantitativno i za njihovo vrednovanje direktno primeniti neki od poznatih višekriterijumskih metoda za podršku odlučivanju kao što su, na primer, kompromisno programiranje, ciljno programiranje, aditivni i produktivni metod i dr. Značajan udeo u opisu alternativa sve više imaju kvalitativni aspekti (opravdanost, socijalne implikacije i sl.), što nameće potrebu arbitrarne kvantifikacije 'kvaliteta alternativa' pomoću skala i normalizacionih tehnika ako

se želi primena navedenih metoda. Ako se želi neposredno tretiranje preferenci donosilaca odluka (DO) bez primene kvantifikacionih tehnika, potrebno je uvažiti činjenicu da su individualne preference izraz partikularnih interesa DO i da iste često mogu biti dijametralno različite i suprotstavljene. Problem kod grupnog odlučivanja može biti i izbor metoda pomoću koga će se iskazivati lične preference, jer metod koji se jednom članu grupe čini pogodan i dobar, drugome može biti previše komplikovan, neadekvatan ili nedovoljno detaljan. Ovo samo po sebi nije problem jer je razumljivo da svaki član grupe treba da ima slobodu u izboru metoda pomoću koga će iskazivati sopstvene preference, ali se sa druge strane otvara problem objedinjavanja (agregacije) individualnih odluka u grupnu.

Jedno od rešenja (tj. jedan od načina objedinjavanja) je da se uzmu samo individualni rangovi članova grupe dobijeni različitim metodima i da se njihovim sabiranjem identifikuje kao najbolja alternativa sa najmanjim zbirom rangova. Međutim, na taj način se proces odlučivanja pojednostavljuje jer se u ordinalnoj informaciji realno gubi deo informacija 'emitovanih' od strane DO o intenzitetu razlika među alternativama.

U radu su prvo ukratko prikazana četiri poznata metoda za donošenje odluka na osnovu individualnih preferenci, a zatim je, polazeći od postupka predloženog u [5], formulisan metod koji je korišćen za donošenje grupne odluke kada se koriste različiti metodi za individualno odlučivanje i operator OWA (Ordered Weighted Averaging) za objedinjavanje individualnih odluka. Na primeru grupnog odlučivanja u slivu Krivaje u Vojvodini prikazano je kako se ovaj metod koristi a rezultat (grupna odluka) je upoređen sa grupnom odlukom dobijenom prostim sabiranjem individualnih rangova DO.

METODI ZA DONOŠENJE ODLUKA NA OSNOVU INDIVIDUALNIH PREFERENCI

Neka je $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ konačan skup alternativa koje će vrednovati konačan broj donosilaca odluka $D = \{d_1, \dots, d_m\}$. S obzirom da svaki DO $d_k \in D$ ima sopstveni pristup pri donošenju odluke, normalno je pretpostaviti da će donosioci odluka izraziti svoje preference na različit način. Pretpostavimo da će k -ti DO svoje preference o skupu alternativa X izraziti na jedan od četiri najčešće korišćena načina:

Preference Ordering of the Alternatives:

U ovom slučaju DO d_k daje svoje mišljenje o alternativama kao individualni preferentni redosled $O^k = \{o^k(1), \dots, o^k(n)\}$, gde je $o^k(-)$ permutacija brojeva $\{1, \dots, n\}$ (tj. vektor rangova) [3, 5, 11].

Fuzzy Preference Relation:

DO svoje mišljenje (preference) o X iskazuje pomoću fazi preferentnih relacija $P^k \subset X \times X$, sa pripadajućom funkcijom $\mu_{pk}: X \times X \rightarrow [0, 1]$, gde $\mu_{pk}(x_i, x_j) = p_{ij}^k$ predstavlja intenzitet dominacije (značajnosti) alternative x_i nad x_j [6, 8, 15]. Pri tome $p_{ij}^k = 1/2$ označava indiferentnost između x_i i x_j ; $p_{ij}^k = 1$ predstavlja apsolutnu dominaciju x_i nad x_j , a kada je $p_{ij}^k > 1/2$, alternativa x_i je značajnija (dominantnija) od x_j . Takođe, važi da je $p_{ij}^k + p_{ji}^k = 1$ i $p_{ii}^k = 1/2$.

Multiplicative Preference Relation - AHP:

Ovde su preference o X izražene relacijom $A^k \subset X \times X$, gde je $A^k = (a_{ij}^k)$, matrica poređenja alternativa prema Satijevoj semantičko-numeričkoj skali iz Tabele 1. U matrici $a_{ij}^k = 1$ označava isti značaj alternativa x_i i x_j . Kada je $a_{ij}^k = 9$, tada x_i ima apsolutnu dominantnost nad x_j [10]. U standardnom AHP matrica A je simetrična i recipročna, odnosno važi $a_{ij}^k \cdot a_{ji}^k = 1$.

Utility Function:

Svaki DO d_k daje svoje preference o X kao skup n korisnih vrednosti (utility values) $U^k = \{u_i^k; i = 1, \dots, n\}$, $u_i^k \in [0, 1]$, gde u_i^k predstavlja korisnu vrednost alternative x_i za eksperta d_k [9].

Kada donosioci odluka koriste različite metode za vrednovanje alternativa (npr. neki od gore opisanih), za dobijanje grupne odluke potrebno je:

- da se različita individualna vrednovanja (preference DO) svedu u istu metriku, odnosno na jedan metod i
- da se izabere i primeni odgovarajući metod agregacije (objedinjavanja) individualnih vrednovanja u grupno kao konačni ishod postupka.

Tabela 1. Satijeva skala relativnog značaja

Table 1. Saaty's comparison scale

| Definicija | Numerička vrednost |
|------------------------|--------------------|
| Isti značaj | 1 |
| Slaba dominantnost | 3 |
| Jaka dominantnost | 5 |
| Vrlo jaka dominantnost | 7 |
| Apsolutna dominantnost | 9 |
| (Meduvrednosti) | (2,4,6,8) |

UNIFORMISANJE INDIVIDUALNIH PREFERENCI DOBIJENIH RAZLIČITIM METODIMA ODLUČIVANJA

Chiclana *et al.* [3, 4] i Herera-Viedma *et al.* [5] su predložili da se različite individualne preference svedu na fazi preferentne relacije (*fuzzy preference relation*), na sledeći način:

Transformisanje rangova (*preference ordering*):

$$p_{ij}^k = f^1(o_i^k, o_j^k) = (1/2)(1 + (o_j^k - o_i^k)/(n-1)) \quad (1)$$

gde su

p_{ij}^k - intenzitet dominacije (značajnosti) alternative x_i nad x_j za k -tog DO;

o_i^k, o_j^k - rang i -te i j -te alternative dat od strane k -tog DO.

Transformisanje korisnih vrednosti (*utility values*):

$$p_{ij}^k = f^2(u_i^k, u_j^k) = (u_i^k)^2 / ((u_i^k)^2 + (u_j^k)^2) \quad (2)$$

gde su

u_i^k, u_j^k - korisnost i -te i j -te alternative za k -tog DO.

Transformisanje multiplikativno-preferentnih vrednosti (iz AHP matrice):

$$p_{ij}^k = f(a_{ij}^k) = \frac{1}{2}(1 + \log_9 a_{ij}^k) \quad (3)$$

gde je

a_{ij}^k numerička vrednost iz Satijeve skale koja odgovara semantičkom poređenju i -te i j -te alternative od strane k -tog DO.

OBJEDINJAVANJE INDIVIDUALNIH ODLUKA U GRUPNU PRIMENOM OWA OPERATORA

Za objedinjavanje individualnih matrica (sa fazi preferentnim relacijama) u grupnu, kao i za dobijanje vektora prioriteta iz grupne matrice, Herera-Viedma *et al.* [5] su predložili da se koristi OWA operator u kombinaciji sa funkcijom iskazanom lingvističkim izrazom "most (većina)". Sledi kratak opis OWA operatora i funkcije "most".

OWA operator

Ordered Weighted Averaging (OWA) operator [17] je metod za agregiranje koji je teorijski objašnjen i primenjen u naučnim publikacijama [13, 17-19]. Sledi sažet opis ideje i matematičkih operacija ovog metoda.

Definicija 1.

Neka je dat vektor težina $W=(w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$, za koji važi $w_j \in [0, 1]$ i $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Minimalna vrednost pojedinačne težine može biti 0, a maksimalna 1, pri čemu zbir svih težina mora biti 1.

Definicija 2.

Neka A predstavlja vektor performanse $A=(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$ za dati vektor težina W , a F neka predstavlja OWA operator koji treba da agregira vektor težina W i vektor performanse A . Formula za agregaciju glasi:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \quad (4)$$

pri čemu je b_j j -ta najveća vrednost a_i . Drugačije rečeno, dobijeni vektor $B=(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$ čine isti elementi sadržani u vektoru A , samo što su elementi poređani po opadajućem redosledu; b_1 predstavlja najveći element vektora A , dok b_n predstavlja najmanji. Ključna stvar kod primene agregacije pomoću OWA operatora je da

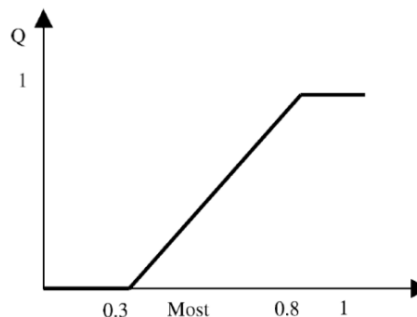
se odredi vektor težina (W) jer će na osnovu njega zavisiti rezultat agregacije, tj. on određuje koliko će rang alternative uticati na konačni rezultat agregacije. Yager [17] je predložio da se za određivanje (W) koristi formula:

$$w_j = Q\left(\frac{j}{n}\right) - Q\left(\frac{j-1}{n}\right) \quad (5)$$

Pri čemu Q predstavlja funkciju koja se iskazuje lingvističkim izrazima kao što su: "all (svi)", "average (srednja vrednost)", "more than α (više od α)", "few (nekoliko)", "most (većina)", itd. U ovom radu je uzet lingvistički izraz "most (većina)" dat relacijom (6) [6-7, 12, 16]:

$$Q_{\text{most}}\left(\frac{j}{n}\right) = \begin{cases} 0 & \text{ako } \frac{j}{n} \leq a \\ \frac{\frac{j}{n} - a}{b - a} & \text{ako } a < \frac{j}{n} \leq b \\ 1 & \text{ako } \frac{j}{n} \geq b \end{cases} \quad (6)$$

Lingvistički izraz "most (većina)" (gde su $(a; b)=(0,3; 0,8)$), koji je korišćen u ovome radu grafički je predstavljen Slikom 1 [12].



Slika 1. Lingvistički izraz "most (većina)"

Figure 1. Linguistic quantifier "most"

ILUSTRATIVNI PRIMER

Formira se komitet (u daljem tekstu 'grupa') koji će odlučivati o četiri plana razvoja (u nastavku 'alternative' A1-A4) vodnih resursa u slivu Krivaje u Vojvodini. Članovi grupe su delegati 6 interesnih grupacija (stjholdera) iz Tabele 2.

Tabela 2. Donosioci odluka u slivu Krivaje
Table 2. Decision makers in Krivaja river basin

| Interesne grupacije | Koga predstavljaju |
|---------------------|--|
| DO1 | Korisnici 1 (navodnjavanje) |
| DO2 | Korisnici 2 (industrija) |
| DO3 | Državni organi (rep. ministarstva) |
| DO4 | Pokrajinski organi (pokrajinski sekretarijati) |
| DO5 | Sektor vodne delatnosti (JVP Vode Vojvodine) |
| DO6 | Lok. samouprava (organi i strukovna udruženja) |

Grupa treba da odabere jednu od četiri ponuđene varijante razvoja vodnih resursa u slivu za period 2013-2030. god. Definisane varijante razvoja sliva je izvan domena ovog rada jer je težište na procesu odlučivanja o već poznatim elementima odlučivanja. Ako su to elementi koje označavamo alternativama (varijantnim planovima, rešenjima i sl.), jasno je da se pre pristupanja procesu donošenja odluka podrazumeva da su sve varijante tehnički dokumentovane, da su opisani organizacioni i finansijski poslovi, izvršene procene rizika u pogledu kvantiteta i kvaliteta u isporukama vode korisnicima, identifikovani uticaji na životnu sredinu i iskazani očekivani efekti od poljoprivredne proizvodnje na tržištu i u sopstvenim aranžmanima individualnih proizvođača i/ili njihovih udruženja. Na primer, u slučaju sliva Krivaje posebna pažnja u razradi varijanti mora biti posvećena operativnim tehničkim rešenjima na terenu, strukturi i dinamici finansiranja (i izvorima finansiranja), potrebnim merama i sredstvima za redovno i investiciono održavanje regionalnog sistema Krivaja, definisanju mehanizama za ubiranje naknade za korišćenje sistema, otvaranju kreditnih mogućnosti za individualne poljoprivredne proizvođače kao osnovne korisnike sistema, nabavku agrotehničkih inputa (semenski materijal, đubriva, zaštitna sredstva, oprema za navodnjavanje i dr.), vidove mogućih subvencija poljoprivrednicima da bi im se povećala

motivisanost da učestvuju u razvoju navodnjavanja, itd. [20-22].

REZULTATI

Metodi koje su DO izabrali za individualno odlučivanje su dati u Tabeli 3, a na taj način dobijena vrednovanja u Tabelama 4 i 5.

Tabela 3. Metodi korišćeni za individualno odlučivanje
Table 3. Used methods for individual decision making

| | |
|-----|--|
| DO1 | Preferentno rangiranje (<i>preference ordering</i>) |
| DO2 | Preferentno rangiranje (<i>preference ordering</i>) |
| DO3 | Korisna vrednost (<i>utility values</i>) |
| DO4 | AHP (<i>multiplicative preference relation</i>) |
| DO5 | AHP (<i>multiplicative preference relation</i>) |
| DO6 | Fazi preferentne relacije (<i>fuzzy preference relation</i>) |

Tabela 4. Individualna vrednovanja DO1-DO3
Table 4. Individual preference structures DM1-DM3

| | A1 | A2 | A3 | A4 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| DO1 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| DO2 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| DO3 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,8 |

Koristeći relacije (1), (2) i (3) različite individualne preference (DO1-DO5) date u Tabelama 4 i 5 su transformisane u fazi preferentne relacije (date u Tabeli 6). Treba primetiti da je DO6 u startu koristio fazi preferentne relacije i zato su kod njega identične vrednosti u Tabelama 5 i 6. Zbog bolje preglednosti postupka objedinjavanja (agregacije) individualnih fazi matrica u grupnu, preferentne relacije DO iz Tabele 6 su prikazane po pozicijama u matricama (Tabela 7).

Tabela 5. Individualna vrednovanja DO4-DO6
Table 5. Individual preference structures DM4-DM6

| | DO4 | | | | DO5 | | | | DO6 | | | | | |
|----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|------|------|------|------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 | | |
| A1 | 1 | 1/2 | 1 | 2 | A1 | 1 | 1 | 1 | 3 | A1 | 0,50 | 0,50 | 0,90 | 0,75 |
| A2 | | 1 | 1/2 | 3 | A2 | | 1 | 1 | 2 | A2 | 0,50 | 0,50 | 0,85 | 0,70 |
| A3 | | | 1 | 4 | A3 | | | 1 | 4 | A3 | 0,10 | 0,15 | 0,50 | 0,40 |
| A4 | | | | 1 | A4 | | | | 1 | A4 | 0,25 | 0,30 | 0,60 | 0,50 |

Tabela 6. Fazi preferentne relacije DO1-DO6
Table 6. Fuzzy preference relation DM1-DM6

| | DO1 | | | | DO2 | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 | |
| A1 | 0,500 | 0,667 | 1,000 | 0,833 | A1 | 0,500 | 0,333 | 0,667 | 0,833 |
| A2 | 0,333 | 0,500 | 0,833 | 0,667 | A2 | 0,667 | 0,500 | 0,833 | 1,000 |
| A3 | 0,000 | 0,167 | 0,500 | 0,333 | A3 | 0,333 | 0,167 | 0,500 | 0,667 |
| A4 | 0,167 | 0,333 | 0,667 | 0,5 | A4 | 0,167 | 0,000 | 0,333 | 0,500 |

| | DO3 | | | | DO4 | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 | |
| A1 | 0,500 | 0,692 | 0,800 | 0,360 | A1 | 0,500 | 0,342 | 0,500 | 0,658 |
| A2 | 0,308 | 0,500 | 0,640 | 0,200 | A2 | 0,658 | 0,500 | 0,342 | 0,750 |
| A3 | 0,200 | 0,360 | 0,500 | 0,123 | A3 | 0,500 | 0,658 | 0,500 | 0,815 |
| A4 | 0,640 | 0,800 | 0,877 | 0,500 | A4 | 0,342 | 0,250 | 0,185 | 0,500 |

| | DO5 | | | | DO6 | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 | |
| A1 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,750 | A1 | 0,500 | 0,500 | 0,900 | 0,750 |
| A2 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,658 | A2 | 0,500 | 0,500 | 0,850 | 0,700 |
| A3 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,815 | A3 | 0,100 | 0,150 | 0,500 | 0,400 |
| A4 | 0,250 | 0,342 | 0,185 | 0,500 | A4 | 0,250 | 0,300 | 0,600 | 0,500 |

Tabela 7. Prikaz fazi preferentnih relacije svih DO na svim pozicijama u matricama
Table 7. Fuzzy preference relation of all DMs in all positions in the matrices

| | DO1 | DO2 | DO3 | DO4 | DO5 | DO6 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>a₁₂</i> | 0,667 | 0,333 | 0,692 | 0,342 | 0,500 | 0,500 |
| <i>a₁₃</i> | 1,000 | 0,667 | 0,800 | 0,500 | 0,500 | 0,900 |
| <i>a₁₄</i> | 0,833 | 0,833 | 0,360 | 0,658 | 0,750 | 0,750 |
| <i>a₂₁</i> | 0,333 | 0,667 | 0,308 | 0,658 | 0,500 | 0,500 |
| <i>a₂₃</i> | 0,833 | 0,833 | 0,640 | 0,342 | 0,500 | 0,850 |
| <i>a₂₄</i> | 0,667 | 1,000 | 0,200 | 0,750 | 0,658 | 0,700 |
| <i>a₃₁</i> | 0,000 | 0,333 | 0,200 | 0,500 | 0,500 | 0,100 |
| <i>a₃₂</i> | 0,167 | 0,167 | 0,360 | 0,658 | 0,500 | 0,150 |
| <i>a₃₄</i> | 0,333 | 0,667 | 0,123 | 0,815 | 0,815 | 0,400 |
| <i>a₄₁</i> | 0,167 | 0,167 | 0,640 | 0,342 | 0,250 | 0,250 |
| <i>a₄₂</i> | 0,333 | 0,000 | 0,800 | 0,250 | 0,342 | 0,300 |
| <i>a₄₃</i> | 0,667 | 0,333 | 0,877 | 0,185 | 0,185 | 0,600 |

Postupak objedinjavanja OWA operatorom u grupnu matricu zahteva da se individualna vrednovanja za svaku poziciju u matrici odlučivanja poređaju u opadajućem redosledu i da se odredi vektor težina *W* od koga će zavisiti karakter objedinjavanja (agregacije) (relacija (4)). Koristeći relaciju (5) i lingvistički izraz "most (većina)" (relacija (6) i Slika 1) izračunat je

Tabela 8. Postupak objedinjavanja OWA operatorom
Table 8. Aggregation procedure performed by OWA operator

| rang | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | OWA "most" |
|-----------------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|
| <i>w</i> | 0 | 0,067 | 0,333 | 0,333 | 0,267 | 0 | |
| <i>a₁₂</i> | 0,692 | 0,667 | 0,500 | 0,500 | 0,342 | 0,333 | 0,469 |
| <i>a₁₃</i> | 1,000 | 0,900 | 0,800 | 0,667 | 0,500 | 0,500 | 0,682 |
| <i>a₁₄</i> | 0,833 | 0,833 | 0,750 | 0,750 | 0,658 | 0,360 | 0,731 |
| <i>a₂₁</i> | 0,667 | 0,658 | 0,500 | 0,500 | 0,333 | 0,308 | 0,466 |
| <i>a₂₃</i> | 0,850 | 0,833 | 0,833 | 0,640 | 0,500 | 0,342 | 0,680 |
| <i>a₂₄</i> | 1,000 | 0,750 | 0,700 | 0,667 | 0,658 | 0,200 | 0,681 |
| <i>a₃₁</i> | 0,500 | 0,500 | 0,333 | 0,200 | 0,100 | 0,000 | 0,238 |
| <i>a₃₂</i> | 0,658 | 0,500 | 0,360 | 0,167 | 0,167 | 0,150 | 0,254 |
| <i>a₃₄</i> | 0,815 | 0,815 | 0,667 | 0,400 | 0,333 | 0,123 | 0,499 |
| <i>a₄₁</i> | 0,640 | 0,342 | 0,250 | 0,250 | 0,167 | 0,167 | 0,234 |
| <i>a₄₂</i> | 0,800 | 0,342 | 0,333 | 0,300 | 0,250 | 0,000 | 0,300 |
| <i>a₄₃</i> | 0,877 | 0,667 | 0,600 | 0,333 | 0,185 | 0,185 | 0,405 |

vektor *W* (*w₁*=0, *w₂*=0,067, *w₃*=0,333, *w₄*=0,333, *w₅*=0,267, *w₆*=0). Postupak objedinjavanja dat je u Tabeli 8, a na taj način dobijena grupna matrica u Tabeli 9.

Treba primetiti da je grupna matrica (Tabela 9) dobijena tako što je za svaku poziciju u matrici (sem za pozicije na glavnoj dijagonali) posebno vršena agregacija, jer više ne važi da je *p_{ij}* + *p_{ji}* = 1.

Tabela 9. Grupna matrica
Table 9. Group matrix

| | A1 | A2 | A3 | A4 |
|----|-------|-------|-------|-------|
| A1 | 0,500 | 0,469 | 0,682 | 0,731 |
| A2 | 0,466 | 0,500 | 0,680 | 0,681 |
| A3 | 0,238 | 0,254 | 0,500 | 0,499 |
| A4 | 0,234 | 0,300 | 0,405 | 0,500 |

Iz grupne matrice se dobija grupni vektor prioriteta (i njemu pripadajući rangovi) tako što se kao metod prioritizacije takođe koristi OWA operator sa lingvističkim izrazom "most" (Tabela 10).

Na osnovu rezultata iz Tabele 10 vidi se da je A1 prvo rangirana sa težinom 0,570, dok je A2 sa neznatno manjom težinom (0,569) na drugom mestu. Poslednje rangirana alternativa je A4 sa težinom 0,335. Ako saberemo rangove iz početnih vrednovanja DO (Tabele 4-5) videćemo da su A1 (zbir je 11) i A2 (15) takođe zauzimale prva dva mesta dok je do zamene rangova

došlo između A3 i A4 (u odnosu na rangiranje dobijeno fazi-OWA metodom) (Tabela 11). Međutim treba obratiti pažnju da su kod fazi-OWA metoda A1 i A2 bile praktično izjednačene (0,570 i 0,569) dok je kod sabiranja rangova ta razlika bila znatno veća (11 i 15). Ovo upućuje da je predloženi metod fazi-OWA objektivniji jer uzima u obzir intenzitet razlike između alternativa dat od strane DO i da će verodostojnije oslikavati mišljenje grupe.

Tabela 10. Grupna matrica i grupna-finalna odluka
Table 10. Group matrix and group-final decision

| Rang | 1 | 2 | 3 | 4 | OWA "most" |
|------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| w | 0,000 | 0,400 | 0,500 | 0,100 | |
| A1 | 0,731 | 0,682 | 0,500 | 0,469 | 0,570 (1) |
| A2 | 0,681 | 0,680 | 0,500 | 0,466 | 0,569 (2) |
| A3 | 0,500 | 0,499 | 0,254 | 0,238 | 0,350 (3) |
| A4 | 0,500 | 0,405 | 0,300 | 0,234 | 0,335 (4) |

Tabela 11. Uporedni prikaz dve grupne odluke
Table 11. Comparative analysis of two group decisions

| | Individualni rangovi DO | | | | | | Grupne odluke | |
|----|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|------------|
| | DO1 | DO2 | DO3 | DO4 | DO5 | DO6 | Σ | Fazi - OWA |
| A1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 11 (1) | 0,570 (1) |
| A2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 15 (2) | 0,569 (2) |
| A3 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 4 | 18 (4) | 0,350 (3) |
| A4 | 3 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 16 (3) | 0,335 (4) |

ZAKLJUČAK

U radu je prikazano kako se može tretirati problem grupnog odlučivanja u vodoprivredi pomoću različitih preferentnih metoda i kako se može dobiti grupna odluka koja kvalitetno reprezentuje informacije emitovane od strane donosilaca odluka tokom sprovedenih vrednovanja elemenata odlučivanja (alternativa). Korišćeni lingvistički izraz "most (većina)", predložen u nekim ranijim radovima, korišćen je i u ovom radu. Postupak objedinjavanja individualnih odluka u grupnu na ovaj način ignoriše prvorangiranu vrednost što implicira da bi pored ovog lingvističkog izraza trebalo uključiti i druge (navedene u radu) i analizirati kakve efekte oni izazivaju na izvođenje konačne grupne odluke, odnosno finalno grupno rangiranje. Mogući prilaz bio bi da se donosioci odluka naknadno izjašnjavaju o lingvističkom izrazu koji im je najprihvatljiviji, a optimalno bi bilo ako bi se oko toga postigao konsenzus. Ovo je svakako mogući pravac daljih istraživanja.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za prosvetu i nauku Republike Srbije koje finansira istraživanja na projektu OI 174003: Teorija i primena Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) u uslovima rizika i neizvesnosti (individualni i grupni kontekst), ciklus 2011-2014 i Pokrajinskom Sekretarijatu za nauku i tehnološki razvoj koji finansira istraživanja na projektu: Mrežno modeliranje i evaluacija funkcionalne adaptibilnosti regionalnih vodoprivrednih sistema u Vojvodini, ciklus 2011-2014.

LITERATURA

- [1] Arnette A., Zobel C., Bosch D., Pease J., Metcalfe T. (2010): Stakeholder ranking of watershed goals with the vector analytic hierarchy process: Effects of participant grouping scenarios. *Environmental Modelling & Software* 25: 1459–1469.

- [2] Blagojević B., Srđević Z. Srđević B. (2013): Komparativna analiza dva modela za postizanje konsenzusa pri participativnom odlučivanju u slivu Krivaje. Tematski zbornik radova Melioracije 2013: 138-145, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [3] Chiclana F., Herrera F., Herrera-Viedma E. (1998): Integrating three representation models in fuzzy multipurpose decision making based on fuzzy preference relations. *Fuzzy Sets Syst.*, 97: 33–48.
- [4] Chiclana F., Herrera F., Herrera-Viedma E. (2001): Integrating multiplicative preference relations in a multipurpose decision making model based on fuzzy preference relations. *Fuzzy Sets Syst.*, 112: 277–291.
- [5] Herrera-Viedma E., Herrera F., Chiclana F. (2002): A Consensus Model for Multiperson Decision Making With Different Preference Structures. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern.-Part A: Systems and Humans*, 32(3): 394–402.
- [6] Kacprzyk J. (1986): Group decision making with a fuzzy linguistic majority. *Fuzzy Sets Syst.*, 18: 105–118.
- [7] Kacprzyk J., Yager R.R. (1984): Softer optimization and control models via fuzzy linguistic quantifiers. *Information Sciences*, 34: 157–178.
- [8] Kitainick L. (1993): *Fuzzy Decision Procedures With Binary Relations, Toward an Unified Theory*. Norwell, MA: Kluwer.
- [9] Luce R.D., Suppes P. (1965): Preferences' utility and subject probability. In *Handbook of Mathematical Psychology*, New York: Wiley.
- [10] Saaty T.L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- [11] Seo F., Sakawa M. (1985): Fuzzy multiattribute utility analysis for collective choice. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern.*, SMC-15: 45–53.
- [12] Smith P.N. (2000–2001): Numeric ordered weighted averaging operators: possibilities for environmental project evaluation. *Journal of Environmental Systems*, 28(3): 175–191.
- [13] Smith P.N. (2005): Alternative forms of aggregation in the analytic hierarchy process: Ordered weighted averaging operators. *J. Environmental Systems*, 31(1): 49–68.
- [14] Srdjevic B. (2007): Linking Analytic Hierarchy Process and Social Choice Methods to Support Group Decision-Making in Water Management. *Decision Support Systems* 42(4): 2261–2273.
- [15] Tanino T. (1990): On group decision making under fuzzy preferences. In *Multiperson Decision Making Using Fuzzy Sets and Possibility Theory*, Kluwer, pp. 172–185.
- [16] Yager R.R. (1983): Quantifiers in the formulation of multiple objective decision functions. *Information Sciences*, 31: 107–139.
- [17] Yager R.R. (1988): On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18: 183–190.
- [18] Yager R.R. (1996): Quantifier guided aggregation using OWA operators. *International Journal of Intelligent Systems*, 11: 49–73.
- [19] Yager R.R. (2000): A Hierarchical Document Retrieval Language. *Information Retrieval*, 3: 357–377.
- [20] +++, Izrada simulaciono-optimizacionog modela za alokaciju vode i participativnog modela odlučivanja o višekorisničkoj eksploataciji vodnih resursa slivnog područja reke Krivaja (I faza), Studija, Departman za uređenje voda, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2010.
- [21] +++, Izrada participativnog modela odlučivanja o višekorisničkoj eksploataciji vodnih resursa slivnog područja reke Krivaja (II faza), Studija, Departman za uređenje voda, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2011.
- [22] +++, Izrada participativnog modela odlučivanja o višekorisničkoj eksploataciji vodnih resursa slivnog područja reke Krivaja (III faza), Studija, Departman za uređenje voda, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2012.

GROUP DECISION MAKING IN WATER MANAGEMENT BY USING DIFFERENT PREFERENCE MODELS

by

Boško BLAGOJEVIĆ and Bojan SRĐEVIĆ

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Water Management

E-mails: {blagojevicb, bojans}@polj.uns.ac.rs

Summary

The main problem in group decision making under different preference structures is how to aggregate individual decisions derived by subjectively selected and applied (generally different) preference structures and methods. To obtain the final group decision we developed possible fuzzy based procedure which exploits the OWA operator. Our work is in part replication of existing method presented by Herera-Viedma [5], and addition is given in part of it's

comparison with commonly used aggregation of individual ranks obtained by participating decision makers. Illustrative example (Krivaja river basin in Vojvodina Province in Serbia - four management plans) is used to demonstrate the concept.

Key words: group decision making, different preference structures, Krivaja river basin

Redigovano 06.07.2013.