

## SAMONOVE MAPE ZA POBOLJŠANJE KVALITETA GRUPNOG DONOŠENJA ODLUKA

*Kosana Suvočarev, Zorica Srđević, Bojan Srđević<sup>1</sup>*

### REZIME

*Višekriterijumska analiza i optimizacija se u vodoprivredi koriste za donošenje odluka na individualnom i grupnom nivou. Jedan od problema kod grupnog odlučivanja je prepoznavanje onih donosilaca odluka koji po svom vrednovanju odstupaju od ostatka grupe (tzv. autlajeri), čineći time donetu odluku manje pouzdanom. U radu je na primeru izbora segmentacije mokrog polja prikazana primena Samonovih mapa za vizuelno identifikovanje podgrupa (klastera) donosilaca odluka sa sličnim tendencijama i prepoznavanje autlajera. Kao metod za donošenje odluka korišćen je višekriterijumski metod Analitički hijerarhijski proces (AHP).*

*Ključne reči:* grupno donošenje odluka, Samonove mape, autlajeri

### UVOD

Višekriterijumska analiza i optimizacija rešavaju problem izbora najbolje alternative ili rangiranja alternativa u prisustvu kvantitativnih i/ili kvalitativnih kriterijuma, od strane jednog ili više donosilaca odluka. Rezultat je kompromisno rešenje pošto su retki slučajevi da jedna alternativa apsolutno dominira ostale po svim kriterijumima, kada i nema potrebe za posebnim analizama.

Donošenje odluka u grupi je komplikovanije od individualnog odlučivanja. Grupna odluka objedinjava stavove ljudi koji najčešće imaju različite interese, nivo obrazovanja, različite poglede na problem i shodno tome različito vrednuju i kriterijume i alternative. Sinteza individualnih odluka u grupnu može se vršiti na više naučno priznatih načina, ali ostaje problem određivanja 'kvaliteta' donosilaca odluka i identifikacije jednog ili više učesnika koji po rezultatu vrednovanja bitno odstupaju od ostatka grupe čime se umanjuje verodostojnost donete grupne odluke. U savremenoj terminologiji oni koji odstupaju su tzv. autlajeri (eng. *outliers*). Kod sinteze individu-

<sup>1</sup> Dipl. inž.-master Kosana Suvočarev, istraživač pripravnik; dr Zorica Srđević, docent; dr Bojan Srđević, red. prof.. Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad

alnih odluka u grupnu, autlajeri se mogu ili eliminisati ili im se dodeliti niske težine i tako ublažiti njihov uticaj pri izvođenju konačne odluke.

Jedan od mogućih pristupa analizi i rešavanju problema pregrupisavanja i prepoznavanja autlajera jeste da se donosioci odluka mapiraju u 2D prostor putem Samonovih mapa i tako vizuelno predstave njihova grupisanja po sličnosti odluka i identifikuju oni koji odstupaju. Samonove mape predstavljaju samo jedan od metoda za transformisanje nD u 2D strukture, odnosno mape.

Korišćenje Samonovih mapa ovde je demonstrirano na primeru segmentacije mokrog polja i grupnog odlučivanja koja je alternativa segmenata najbolja u višekriterijumskom smislu. Na osnovu informacija dobijenih pri individualnom vrednovanju alternativa od strane pet donosilaca odluka crtane su 2D mape nastale transformacijom iz 5D prostora; drugim rečima, u 2D ravan su mapirane odluke donosilaca odluka iz 5D prostora u kome je svaki donosilac odluka predstavljao jednu dimenziju. Individualna vrednovanja i izbor optimalne alternative u višekriterijumskom smislu vršen je korišćenjem Analitičkog hijerarhijskog procesa (Saaty, 1980). Individualni vektori težina alternativa, izračunati metodom AHP, tretirani su kao tačke u 5D čime je izgrađena međuzavisna struktura koja je zatim transformisana u 2D mapu optimizacionom tehnikom na kojoj se zasnivaju Samonove mape. 'Kvalitet odluka' članova grupe proveren je određivanjem rastojanja pojedinačnih odluka od idealne tačke na Samonovim mapama. Kao idealna tačka usvojena je preliminarna grupna odluka nastala sintezom (geometrijskim osrednjavanjem) svih pojedinačnih odluka pod pretpostavkom da je težina (značaj) donosilaca odluka u grupi ista.

Za realizaciju metoda Samonovih mapa korišćen je kod napisan za MATLAB (+++, Miscellaneous MATLAB Software, 2007); kod je napisan za poznati Fišerov problem prepoznavanja varijeteta cveta irisa, a za potrebe ovog rada je modifikovan kako bi dobijene mape prikazivale raspored donosilaca odluka u odnosu na idealnu tačku – grupnu odluku.

## **ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES U GRUPNOM ODLUČIVANJU**

Analitički hijerarhijski proces pokazuje najbolje rezultate kod dobro strukturiranih procesa odlučivanja kada je elemente odlučivanja moguće postaviti kao hijerarhiju sa jasnim odnosima nadređenosti po vertikali i biti u stanju da se uspostave međusobne preference elemenata po horizontali u odnosu na nadređene elemente po vertikali (Srđević i dr., 2008). AHP je popularan zbog intuitivne razumljivosti, relativno jednostavne matematike i kvaliteta rezultata koje daje. Glavni rezultat metoda su globalne relativne težine alternativa (na dnu hijerarhije) u odnosu na postavljeni cilj (na vrhu hijerarhije), a važan međurezultat su i relativne (međusobne) težine elemenata odlučivanja po nivoima hijerarhije. Metod je dominantan po primenama u odnosu na sve druge metode višekriterijumske optimizacije o čemu svedoče brojni izvori (časopisi, projekti, doktorati i magistrature, internet). U grupnim primenama AHP se koristi na dva osnovna načina. Prvi je da pojedinačni članovi grupe nezavisno po AHP metodologiji vrednuju hijerarhiju problema i generišu individualne vektore

težina alternativa kao konačni rezultat, a da se zatim individualni vektori sintetizuju u jedan (grupni), aditivno ili geometrijski. Slučaj odgovara grupnom odlučivanju bez konsenzusa. Varijanta ove primene je da se putem diskusije, brainstorming-a ili na drugi način na početku približe stavovi individualnih članova grupe i tek zatim sprovede odlučivanje na opisani način; ova varijanta odgovara grupnom odlučivanju sa delimičnim konsenzusom. Drugi slučaj je da se ceo proces odlučivanja sprovede u grupi, tako što se sva individualna vrednovanja 'u hodu' objedinjavaju aditivno ili geometrijski i konačni vektor težina izvodi za celu grupu bez dodatnih sinteza. Prvi slučaj je znatno češći u praksi i teoretičari ga preporučuju kao opravdaniji od drugog, videti npr. Forman i Penivati (1998).

### SAMONOVE MAPE

Metodologija Samonovih mapa predstavnik je algoritama nelinearnog mapiranja. Predstavlja optimizacionu tehniku (na principu minimizacije greške) za transformisanje struktura iz višedimenzionalnih prostora u dvodimenzionalne i trodimenzionalne. Primenom na strukturu u višedimenzionalnom prostoru dobija se 'vizuelna' struktura, koja optimalno čuva informaciju iz izvorne višedimenzionalne strukture. Mape su korisne za istraživače koji su zainteresovani za mapiranje podataka u vizuelni domen kako bi se uočio njihov raspored, povezanost, moguća grupisanja i sl. (Pekalska i dr., 1999).

Pretpostavka je na primer da je potrebno  $m$  tačaka iz  $n$ -dimenzionalnog prostora prikazati na dvodimenzionalnoj mapi tako da se maksimalno očuva struktura u pogledu originalnih međusobnih rastojanja ( $d_{ij}^*$ ) tokom procesa redukcije dimenzija. Nove vrednosti rastojanja ( $d_{ij}$ ) se porede sa originalnim kako bi se utvrdila veličina greške, a optimizacioni kriterijum je traženje strukture koja najbliže opisuje originalnu.

Tačke koje daju strukture u višedimenzionalnim prostorima se mogu predstaviti kao vektori:

$$X_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{1n} \end{bmatrix} \quad X_2 = \begin{bmatrix} x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{2n} \end{bmatrix} \quad \dots \quad X_m = \begin{bmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_m \end{bmatrix}$$

Posle računanja Euklidskih rastojanja između svih tačaka u višedimenzionalnom prostoru i dvodimenzionalnim mapama, greška se računa prema formuli:

$$E = \frac{1}{\sum_{i < j} d_j^*} \sum_{i < j}^m \frac{[d_j^* - d_i]^2}{d_j^*}$$

Veličina greške je u funkciji broja tačaka koje je potrebno predstaviti i broja di-

menzija u višedimenzionalnom prostoru ( $m \times n$ ). U izvornom radu (Sammon, 1969) korišćen je algoritam strmog pada (*steepest descent*) za traženje minimalne greške. Pošto se postigne minimalna greška, dobijena struktura se skalira u dve dimenzije kao najpribližniji reprezent originalne strukture iz višedimanzionalnog prostora i naziva se Samonova mapa.

## PRIMER PRIMENE SAMONOVIH MAPA PRI IZBORU SEGMENTACIJE MOKROG POLJA

U radu (Suvočarev i Srđević, 2007) postavljen je i rešen problem vrednovanja alternativa segmentacije mokrog polja (*wetland*) kao grupni problem odlučivanja pomoću AHP. Na Slici 1 prikazana je hijerarhija problema sa elementima odlučivanja. U radu (Srđević i dr., 2008) težine donosilaca odluka su za isti problem određene na osnovu njihove demonstrirane konzistentnosti.



**Slika 1.** Hijerarhija odlučivanja za problem segmentacije mokrih polja (Suvočarev i Srđević, 2007; Srđević i dr., 2008.)

**Figure 1.** Hierarchy of the decision problem of wetland segmentation (Suvočarev i Srđević, 2007; Srđević i dr., 2008.)

Elementi problema odlučivanja su: 1) cilj - Izbor optimalne kombinacije segmenata mokrog polja; 2) kriterijumi - POVRŠ – raspoloživa površina, CENA – cena koštanja izvođenja, EFEKAT – efektivnost u prečišćavanju, KONDU – hidraulički konduktivitet, RAST – stepen rasta biljaka i KOLIČ – rast količine otpadnih voda u budućnosti; 3) alternative -  $A_1$ : H-T-V,  $A_2$ : H-T-T,  $A_3$ : H-V-V,  $A_4$ : H-V-H,  $A_5$ : T-T-T, i  $A_6$ : V-T-V. Svaka alternativa je obeležena sa tri slova, po redosledu segmenata primarni-sekundarni-završni, a oznake segmenata su: H – horizontalni podzemni tok, V – vertikalni podzemni tok i T– tranšeje.

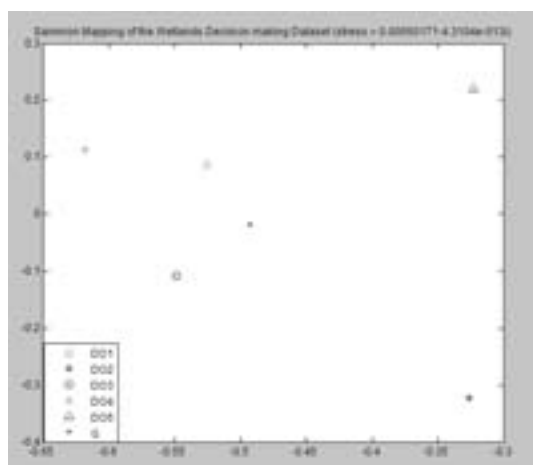
Kriterijumi u odnosu na cilj, a zatim alternative u odnosu na kriterijume vrednovani su od strane pet donosilaca odluka: DO1 – univerzitetski profesor, DO2 – univerzitetski profesor, DO3 – projektant, DO4 – projektant/menadžer, DO5 – analitičar.

Za datu Samonovu mapu potrebno je prvo odrediti idealnu tačku, na primer geometrijskim osrednjavanjem vektora težina elemenata koji su vrednovani putem AHP na datom hijerarhijskom nivou u odnosu na nadređeni element. To se postiže primenom obrasca:

$$z_i^G = \prod_{k=1}^K [z_i(k)]^{\alpha_k}$$

gde je  $K$ -broj donosilaca odluka,  $z_i(k)$  je prioritet  $i$ -te alternative (ili kriterijuma) za  $k$ -tog donosioca odluka,  $\alpha_k$  je 'težina'  $k$ -tog donosioca odluka u grupi i  $z_i^G$  je konačna grupna težina  $i$ -te alternative (ili kriterijuma). Grupno određene težine alternativa (ili kriterijuma) i korespondentni individualni vektora težina predstavljaju ulaz u softver za izradu Samonove mape.

Na Slici 3 je primer Samonove mape na kojoj su prikazani donosioci odluka pri vrednovanju alternativa u odnosu na kriterijum KONDU. Geometrijsko osrednjavanje vršeno je pod pretpostavkom da svi donosioci odluka imaju jednaku težinu ( $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0,2$ ). Jasno se vidi da su DO2 i DO5 najudaljeniji od idealnog rešenja (na mapi označenog sa G) i ostatka grupe i po ovom kriterijumu oni su autlajeri.



**Slika 3.** Mapa za vrednovanje alternativa prema kriterijumu KONDU

**Figure 3.** Map representing evaluation of alternatives with respect to the CONDUCTIVITY criterion

Analizom svih šest Samonovih mapa formiranih pri evaluaciji alternativa u odnosu na kriterijume uočeno je da je DO1 bio bliži idealnoj tački za kriterijume KONDU, RAST i KOLIČ. DO2 je imao dobre rezultate za kriterijume POVRŠ i CENA i nešto lošije za EFEKAT, a znatno lošije za ostale kriterijume. DO3 je imao najlošije vrednovanje u odnosu na kriterijum CENA, a u odnosu na ostale je davao odlične ocene.

DO4 je bio uspješni u ocenjivanju prema kriterijumima tehničke prirode: KONDU, RAST i KOLIČ. Donosilac odluka DO5 je na osnovu svih Samonovih mapa proglašen za autlajera. Mogući ishod opisane procedure mapiranja donosilaca odluka 2D Samonovim mapama ovde je da se DO5 isključi iz procesa sinteze pojedinačnih odluka u grupnu.

## ZAKLJUČAK

U radu je opisana moguća metodologija analize "kvaliteta" i pouzdanosti vrednovanja različitih donosioca odluka zasnovana na kombinovanju višekriterijumskog metoda AHP i Samonovih mapa.

AHP je primenjen na problemu izbora optimalne segmentacije mokrog polja, a rezultati u vidu vektora težina alternativnih segmentacija u odnosu na usvojene kriterijume posmatrani su kao tačke u višedimenzionalnim prostorima, koji su zatim putem Samonovih mapa transformisani u dvodimenzionalne. Za formiranje mapa korišćen je jedan kod MATLAB-a, modifikovan za potrebe ovog rada.

Određivanjem rastojanja pojedinačnih odluka od idealne tačke na Samonovim mapama (preliminarna grupna odluka nastala sintezom svih pojedinačnih odluka) pokazano je kako se mogu prepoznati autlajeri ('oni koji bitno odstupaju od ostalih u grupi'), što predstavlja preduslov za dobijanje kvalitetnije grupne odluke.

## LITERATURA

1. Forman E. and Peniwati K.: Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research* 108 (1), Pages 165-169, 1998
2. Pekalska, E., Ridder, de D., Duin, R. P.W., Kraaijveld, M. A.: A New method of generalizing Sammon mapping with application to algorithm speed-up, 1999 ([www.ph.tn.tudelft.nl/Research/neural/feature\\_extraction/papers/asci99b/asci99b.html](http://www.ph.tn.tudelft.nl/Research/neural/feature_extraction/papers/asci99b/asci99b.html))
3. Saaty, T. L.: *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980
4. Sammon, J. W. Jr. : A nonlinear mapping for data structure analysis, *IEEE Transactions on Computers*, Vol. C-18, No. 5, p. 401 – 409, 1969
5. Srđević B., Suvočarev K., Srđević Z.: AHP grupno odlučivanje bez kosenzusa: primer planiranja segmentacije mokrog polja, *Vodoprivreda* 40, 51-58, 2008
6. Suvočarev K., Srđević B.: Analiza varijanti mokrih polja pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa, *Letopis naučnih radova* 31 (1), 106-113, 2007
7. +++ Miscellaneous MATLAB Software <http://theoval.cmp.uea.ac.uk/matlab/default.html>, 2007

# **SAMMON MAPS AS A VISUALISATION TOOL IN IMPROVING QUALITY OF GROUP DECISION-MAKING**

*by*

*Kosana Suvocarev, Zorica Srdjevic and Bojan Srdjevic*

## **SUMMARY**

Multicriteria analysis and optimization are widely used for individual and group decision making in water management. One of the problems in group decision making is identification of decision makers whose evaluation significantly differs from the rest of the group (i.e. outliers), thus making the group decision less reliable. Paper presents results of the Sammon mapping application in visual identification of clusters of decision makers with same tendencies and potential outliers in the wetland segmentation problem. Analytic hierarchy process (AHP) is used as a decision making tool.

*Key words:* group decision making, Sammon maps, outliers

Primljeno: 1.10.2010.

Prihvaćeno: 10.10.2010.