



## Grupno odlučivanje pomoću Analitičkog hijerarhijskog procesa

Boško Blagojević<sup>a\*</sup>, Bojan Srđević<sup>a</sup>, Zorica Srđević<sup>a</sup>, Tihomir Zoranović<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, Srbija

<sup>b</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ekonomiku poljoprivrede i sociologiju sela, Novi Sad, Srbija

\*Autor za kontakt [blagojevicb@polj.uns.ac.rs](mailto:blagojevicb@polj.uns.ac.rs)

### SAŽETAK

Donošenje odluka u poljoprivredi i vodoprivredi zahteva poštovanje ekonomskih, društvenih i kriterijuma zaštite životne sredine. Učešće više interesnih strana (donosilaca odluka) usložnjava proces odlučivanja koji postaje grupni i zahteva se drugačiji pristup nego kada se odlučuje individualno. Grupno odlučivanje je složena procedura jer se odluke zbog nemogućnosti kvantifikacije često donose na osnovu kvalitativnih podataka, ili još češće, u kombinaciji sa postojećim kvantitativnim podacima. Individualnost unosi subjektivizam učesnika (obrazovanje, znanje, koncentracija, želja, itd.) tako da je neophodan kvalitetan metodološki postupak koji objektivizira finalnu (grupnu) odluku. Analitički hijerarhijski proces (AHP) je teorijsko-metodološki koncept višekriterijumske analize koji dobro podržava i individualni i grupni proces odlučivanja i u svetu je jedan od najviše korišćenih. Kod grupnih primena AHP, odluka se najčešće dobija objedinjavanjem individualnih ocena elemenata odlučivanja, ili objedinjavanjem već donetih individualnih odluka. U radu je data kritička analiza prednosti i nedostataka metoda i ukazano na tendenciju kombinovanja AHP sa nekim modelima za postizanje konsenzusa.

### KLJUČNE REČI

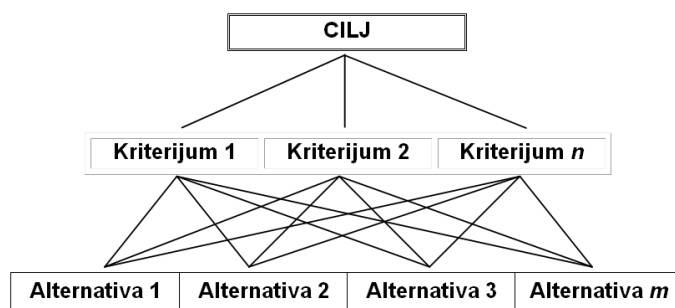
Grupno odlučivanje, analitički hijerarhijski proces

### Uvod

Upravljanje prirodnim resursima, kao i donošenje odluka u poljoprivredi i vodoprivredi, danas podrazumeva uvažavanje ekonomskih, društvenih i kriterijuma zaštite životne sredine. To znači da samo jedna struka ne može pružiti sve neophodne inpute za sveobuhvatnu analizu, interdisciplinarnost se podrazumeva, a učešće različitih interesnih strana zakonski se propisuje (npr. Direktiva o vodama). Donošenje odluka u poljoprivredi i vodoprivredi je složen posao jer se odluke zbog nemogućnosti kvantifikacije često donose na osnovu kvalitativnih podataka ili, još češće, u kombinaciji sa postojećim kvantitativnim podacima. Analitički hijerarhijski proces (AHP) (Saaty, 1980) je teorijsko-metodološki koncept višekriterijumske analize i optimizacije za podršku složenih procesa individualnog i grupnog odlučivanja, koji se pokazao kao jedan od najpogodnijih da podrži takve procese i zato je u svetu široko rasprostranjen kao pouzdana i naučno dokazana podrška individualnom i grupnom donošenju odluka u poslovima upravljanja prirodnim resursima, alokaciji resursa, rangiranjima i dr. Prema merodavnim izvorima u naučnim časopisima, tehničkoj literaturi na internetu i na osnovu drugih saznanja, AHP se u svetu koristi znatno više od drugih metodologija iste namene. S obzirom na to da je AHP zasnovan na individualnom (subjektivnom) mišljenju donosioca odluke (DO) o problemu odlučivanja uvek je bolje odluku donositi u grupnom kontekstu, jer se na taj način smanjuje opasnost od pogrešne procene, problemu se pristupa iz različitih perspektiva koje su zasnovane na različitim znanjima i iskustvima donosilaca odluka, i na kraju, donesena odluka ima veći legitimitet da bude sprovedena u delo (Blagojević, 2015).

## Analitički hijerarhijski proces (AHP)

AHP (Saaty, 1980) je metod višekriterijumske analize koji se u svetu daleko najviše primenjuje kao pomoć u individualnom i grupnom donošenju odluka (Vaidya and Kumar, 2006; Altuzarra et al., 2007; Blagojevic et al., 2016a; Blagojevic et al., 2016b). Metod je "analitički" i "hijerarhijski" jer donosilac odluke razlaže složen problem odlučivanja na više elemenata odlučivanja između kojih uspostavlja hijerarhiju. Reč "proces" u nazivu metoda sugerše da su nakon formiranja početne hijerarhije problema odlučivanja dozvoljene njene iterativne modifikacije (Saaty, 1999). Hijerarhija problema odlučivanja ima nekoliko nivoa, pri čemu se na vrhu hijerarhije nalazi cilj, sledeći nivo sadrži  $n$  kriterijuma dok se na dnu nalazi  $m$  alternativa (Slika 1). Ovakva hijerarhijska postavka se odnosi na standardan problem odlučivanja ali se sreću i slučajevi kada hijerarhija ima četiri i više nivoa. Tada između kriterijuma i alternativa imamo i nivo podkriterijuma. Takođe, postoje problemi odlučivanja kada hijerarhija ima dva nivoa i tada se ispod cilja nalaze jedino alternative. Podeljeno je mišljenje oko toga da li je u ovakvim slučajevima pravilnije reći da se odluka donosi pomoću AHP, ili da se odlučuje u "duhu" AHP.



**Slika 1.** Hijerarhija problema odlučivanja  
**Figure 1.** Decision problem hierarchy

Posle formiranja hijerarhije donosilac odluka poredi u parovima elemente na datom nivou hijerarhije u odnosu na sve elemente na višem nivou, kako bi se odredio njihov međusobni značaj. U standardnom AHP elementi se porede davanjem lingvističkih (semantičkih) ocena međusobnog značaja u odnosu na element na višem nivou hijerarhije pomoću osnovne skale iz Tabele 1 (Saaty, 1980).

**Tabela 1**

Satijeva skala relativnog značaja (Saaty, 1980)

**Table 1**

Saaty's importance scale (Saaty, 1980)

Definicija	Brojčana vrednost
Isti značaj	1
Slaba dominantnost	3
Jaka dominantnost	5
Vrlo jaka dominantnost	7
Apsolutna dominantnost	9
(Međuvrednosti)	(2,4,6,8)

Osim Satijeve mogu se koristiti i druge skale, npr. Lotsmina, Ma-Zengova, balansirana, itd., ali se Satijeva skala najčešće primenjuje. Linearni deo Satijeve skale čine celobrojne vrednosti [1, 9], a nelinearni njihove recipročne vrednosti [1, 1/9]. Kada donosilac odluka na datom nivou hijerarhije vrednuje  $n$  elemenata odlučivanja u odnosu na nadređeni element prema skali iz Tabele 1, njegove semantičke ocene prema definicijama iz leve kolone se brojčano prikazuju vrednostima iz desne kolone i unose u kvadratnu matricu  $A$ . Matrica je pozitivna i recipročna (simetrična u odnosu na glavnu dijagonalu); drugim

rečima, elementi iz gornjeg su recipročni elementima iz donjeg trougla, a elementi na glavnoj dijagonali jednaki su 1 ( $a_{ij}=1/a_{ji}$ , za svako  $i$  i  $j$ ;  $a_{ii}=1$  za svako  $i$ ).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Određivanje težina poređenih elemenata na osnovu brojčanih vrednosti iz matrice  $A$  se naziva prioritizacija. Postoji više matričnih i optimizacionih metoda prioritizacije (Tabela 2), a najčešće korišćeni su metod sopstvenih vrednosti (EV) (Saaty, 1980), logaritamski metod najmanjih kvadrata (LLS) (Crawford and Williams, 1985) i aditivni metod (AN) (Saaty, 1980).

### Tabela 2

Metodi prioritizacije i njihovi autori (Srdjevic, 2005)

#### Table 2

Prioritization methods and corresponding authors (Srdjevic, 2005)

Metodi prioritizacije	Autori metoda
Metod sopstvenih vrednosti (eigenvector method – EV)	Saaty (1980)
Aditivni metod (additive normalization method – AN)	Saaty (1980)
Metod otežanih najmanjih kvadrata (weighted least squares method – WLS)	Chu et al. (1979)
Logaritamski metod najmanjih kvadrata (logarithmic least squares method – LLS)	Crawford and Williams (1985)
Metod logaritamskog ciljnog programiranja (logarithmic goal programming method – LGP)	Bryson (1995)
Metod fazi programiranja prioriteta (fuzzy preference programming method – FPP)	Mikhailov (2000)

Crawford i Williams (1985), Zahedi (1986), Takeda et al. (1987) i Barzilai (1997) tvrde da je LLS superiorniji od EV. Saaty (1990) i Kumar i Ganesh (1996) brane suprotan stav, a Golany i Kress (1993) smatraju da ishod poređenja metoda prioritizacije zavisi od kriterijuma u odnosu na koje se analiziraju. Značajan doprinos analizi ove problematike dao je Srdjevic (2005), pokazujući da je metod AN u nekim slučajevima bolji i od EV i LLS ako se za poređenje koriste univerzalni pokazatelji konzistentnosti euklidsko rastojanje (Euclidean distance -  $ED$ ) i stepen narušavanja rangova (minimum violation -  $MV$ ). Poređenjem različitih metoda prioritizacije su se bavili i Mikhailov i Singh (1999), Mikhailov (2000) i Dong et al. (2008). Mikhailov (2000) je definisao tzv. prirodni indeks konzistentnosti u prioritizaciji u fazi smislu a kasnije je indeks generalizovan i za grupne primene (Mikhailov, 2004); ovi postupci su ocenjeni kao relativno složeni i za sada nemaju širu primenu.

Na osnovu navedene literature ne može se izvući jedinstveno mišljenje o tome koji metod prioritizacije je najbolji. Naučna diskusija o ovom pitanju i dalje je otvorena. Pored metoda prioritizacije,

jedna od bitnih karakteristika AHP je da na svim nivoima hijerarhije proverava konzistentnost vrednovanja donosilaca odluka.

### Metodi objedinjavanja individualnih ocena i odluka u grupne ekvivalente

Pored više poznatih načina dobijanja grupne odluke u AHP-u, dva najčešće korišćena su: objedinjavanje individualnih ocena (aggregation of individual judgments - AIJ) i objedinjavanje individualnih prioriteta (aggregation of individual priorities - AIP) (Ramanathan and Ganesh, 1994; Forman and Peniwati, 1998). Kod metoda AIJ, prvo se odrede elementi grupne matrice na jedan od tri načina: konsenzusom, glasanjem ili matematičkom sintezom individualnih vrednovanja članova grupe. Nakon određivanja grupne matrice, grupni vektor prioriteta se dobija nekim od metoda prioritizacije. Najčešće se grupna matrica generiše geometrijskim osrednjavanjem individualnih ocena članova grupe. Naime, objedinjavanje individualnih vrednovanja aritmetičkim osrednjavanjem nije uvek opravdano, naročito kod izrazito divergentnih vrednovanja, te se zato preporučuje geometrijsko osrednjavanje. Pored toga, kod geometrijskog osrednjavanja dobijena grupna matrica je recipročna kao što su i individualne matrice; napomenimo da standardni AHP podrazumeva ovu recipročnost (Forman and Peniwati, 1998).

Kod drugog načina objedinjavanja - AIP, prvo se izračunaju individualni vektori prioriteta koji se zatim objedinjuju u grupni vektor prioriteta koristeći metod aritmetičke ili geometrijske sredine. Forman i Peniwati (1998) su predložili geometrijsku sredinu, dok su Ramanathan i Ganesh (1994) pre njih za istu svrhu predložili aritmetičku sredinu. Preporuka da se u AHP za objedinjavanje individualnih u grupne prioritete koristi aritmetička sredina data je u radovima Labib et al. (1996), Labib i Shah (2001), Condon et al. (2003) i Ishizaka i Labib (2011).

Treći način dobijanja grupne odluke je primenom konvergentnog modela konsenzusa (Consensus Convergence Model - CCM) (Regan et al., 2006) u kome se, pored grupne odluke, indirektno određuju i težine donosilaca odluke (Srdjevic et al., 2013). Nastao je na osnovu originalnog modela koji su predložili Lehrer i Wagner (1981), a koji se zasniva na dodeljivanju težina donosiocima odluka na osnovu međusobnog uvažavanja, odnosno mišljenja koje donosioci odluka imaju o kompetentnosti ostalih učesnika u procesu donošenja odluka. U modifikovanom modelu (Regan et al., 2006) težine donosilaca odluka se određuju na osnovu vrednosti koje je svaki donosilac odluka dodelio odgovarajućim elementima problema odlučivanja (kriterijumima, podkriterijumima i/ili alternativama). CCM se koristi u kombinaciji sa AHP tako što individualni vektori prioriteta (dobijeni nekim od metoda prioritizacije) predstavljaju ulazne podatke za ovaj model (Srdjevic et al., 2013).

Četvrti način dobijanja grupne odluke je putem konsenzusa. Konsenzus se definiše kao potpuno i jednoglasno slaganje svih donosilaca odluka u grupi oko težina i rangova alternativa. Postoje razni modeli konsenzusa (npr., Moreno-Jimenez et al., 2005; Chiclana et al., 2008; Chen and Cheng, 2009). Međutim, neki istraživači smatraju da potpuno slaganje nije neophodno (i nije ostvarivo) u realnim poslovima odlučivanja i da radije treba težiti tzv. "mekom" konsenzusu koji se zasniva na merenju odstupanja individualne odluke svakog člana grupe od grupne odluke (Herrera-Viedma et al., 2002; Herrera-Viedma et al., 2007; Dong et al., 2010). Ovo odstupanje ujedno predstavlja grupnu konzistentnost, odnosno pokazatelj saglasnosti individualnih odluka sa grupnom. Osnova ovih modela je da u svakoj iteraciji menjaju individualne ocene donosioca odluka sa najvećim odstupanjem od grupne odluke u pravcu poboljšanja (povećanja) grupne konzistentnosti (Blagojević, 2015).

Na primer, Herrera-Viedma et al. (2002) su predložili model konsenzusa koji se zasniva na merenju rastojanja između rangova alternativa dobijenih individualnim vrednovanjem DO i rangova alternativa u grupnoj odluci. Iako se ovaj model može koristiti u kombinaciji sa AHP, on ovde nije od interesa jer tretira samo rangove alternativa (ordinalnu informaciju) a ne uzima u obzir težine alternativa u vektorima prioriteta (kardinalne informacije).

Mnogi autori (Chiclana et al., 2008; Dong et al., 2010; Wu and Xu, 2012; Xu and Wu, 2013) su predložili modele konsenzusa zasnovane na kardinalnim informacijama, a u radu je opisan geometrijski kardinalni model konsenzusa (geometric cardinal consensus model - GCCM), predložen u Dong et al. (2010). Model je izabran jer je eksplicitno vezan za AHP; takođe rad u kome je predložen je jedan od najcitiranijih iz oblasti kombinovanja AHP i konsenzus modela. GCCM se koristi kada se u AHP koristi prioritizacioni metod LLS (logarithmic least squares method); grupna konzistentnost se meri pomoću geometrijskog kardinalnog indeksa konsenzusa (geometric cardinal consensus index - GCCI). Model se zasniva na postepenom usaglašavanju individualnih ocena članova grupe u pojedinačnim matricama

odlučivanja sa grupnim vektorom prioriteta, odnosno u smanjivanju odstupanja individualnih ocena DO od grupnog vektora prioriteta. Ovo se postiže tako što se u svakoj iteraciji menjaju individualne ocene donosioca odluke sa najvećim geometrijskim kardinalnim indeksom konsenzusa - *GCCI*. Model je matematički logično postavljen ali implicira menjanje odluka članova grupe aposteriori i bez provere da li su oni sa time saglasni ili ne, što je njegov osnovni nedostatak (Blagojević et al., 2012).

Pri objedinjavanju individualnih odluka u grupnu treba napomenuti da kod metoda objedinjavanja AIJ, AIP i CCM grupna odluka može da se razlikuje u zavisnosti od izabranog metoda prioritizacije. Kod metoda AIJ različiti metodi prioritizacije primenjeni na grupnu matricu mogu da daju različite grupne vektore prioriteta. Na drugoj strani, individualni vektori prioriteta predstavljaju ulazne podatke za AIP i CCM a oni takođe zavise od izabranog metoda prioritizacije.

### **Objedinjavanje individualnih ocena (aggregation of individual judgments - AIJ)**

Kod metoda AIJ, za dobijanje grupne matrice  $A^{(g)} = (a_{ij}^{(g)})_{n \times n}$ , koristi se metod ponderisane geometrijske sredine (weighted geometric mean) dat relacijom (2):

$$a_{ij}^{(g)} = \prod_{k=1}^m (a_{ij}^{(k)})^{\alpha_k}, \quad (2)$$

gde je  $m$  broj DO,  $\alpha_k$  je težina  $k$ -tog DO pri čemu važi da je  $\sum_{k=1}^m \alpha_k = 1$ .

Nakon dobijanja grupne matrice  $A^{(g)}$  izračunava se grupni vektor prioriteta koristeći odabrani metod prioritizacije.

### **Objedinjavanje individualnih prioriteta (aggregation of individual priorities - AIP)**

Neka je  $w^{(k)} = (w_1^{(k)}, \dots, w_n^{(k)})^T$  individualni vektor prioriteta za  $k$ -tog donosioca odluka, dobijen iz njegove individualne matrice vrednovanja  $A^{(k)}$  koristeći odabrani metod prioritizacije. Grupni vektor prioriteta  $w_i^{(g)}$  se dobija pomoću metoda ponderisane aritmetičke sredine:

$$w_i^{(g)} = \sum_{k=1}^m w_i^{(k)} \alpha_k \quad (3)$$

### **Konvergentni model konsenzusa (consensus convergence model – CCM)**

Nastao je na osnovu modela koji su predložili Lehrer i Wagner (1981), a koji se zasniva na dodeljivanju težina donosiocima odluka na bazi međusobnog uvažavanja, odnosno respekta kompetentnosti ostalih učesnika u procesu donošenja odluka (Hartmann et al., 2009). Donosilac odluke  $i$  dodeljuje težine respektovanja  $t_{ij}$  svakom članu grupe  $j$  (uključujući i sebe). Težine respektovanja  $t_{ij}$  imaju sledeće karakteristike (Yaniv, 2004):

- (1) Svaki donosilac odluka će najveću težinu dodeliti sebi.
- (2) Donosioci odluka će najveće težine dodeliti onim članovima grupe čije odluke najmanje odstupaju od njihovih.
- (3) Donosioci odluka će najmanje težine dodeliti onim članovima grupe čije odluke najviše odstupaju od njihovih.
- (4)  $\sum_{j=1}^m t_{ij} = 1$ , za grupu od  $m$  donosilaca odluke.

Ovde je predložena prilagođena verzija konvergentnog modela konsenzusa prezentovana u (Regan et al., 2006). Procedura se zasniva na originalnom modelu (Lehrer and Wagner, 1981) koji koristi težine respektovanja svakog DO i modifikovanom modelu (Regan et al., 2006). Modifikovani model predlaže

korišćenje težina respektovanja koje se dobijaju na osnovu razlike u težinama koje su DO dodeli određenim elementima odlučivanja (kriterijumima, podkriterijumima ili alternativama). Ako su početne težine elementa (neka ovde bude kriterijum) za  $m$  donosilaca odluke  $w_1^0, w_2^0, \dots, w_m^0$ , težine respektovanja  $t_{ij}$  su tada

$$t_{ij} = \frac{1 - |w_i^0 - w_j^0|}{\sum_{j=1}^m 1 - |w_i^0 - w_j^0|} \quad (4)$$

gde  $i$  označava DO koji ocenjuje,  $j$  DO koji se ocenjuje i  $m$  predstavlja broj DO.

Pomoću težina respektovanja se kreira matrica  $T$  koja ima rang  $m$ :

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1m} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{m1} & t_{m2} & \dots & t_{mm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Ako je  $W_0$  vektor početnih težina kriterijuma, konsenzus vektor kriterijuma  $W_c$  se dobija kroz iterativni proces pomoću relacije (6):

$$W_c = T \times W_{c-1} \quad (6)$$

Procedura se završava kada su težine kriterijuma u vektoru  $W_c$  i  $W_{c-1}$  približno jednake (sa tolerantnom greškom odstupanja); procedura se zatim ponavlja za sve kriterijume. Konvergentnost je zagarantovana ako su težine respektovanja konstantne za sve DO tokom iterativnog procesa (Lehrer and Wagner, 1981).

### **Geometrijski kardinalni model konsenzusa (geometric cardinal consensus model - GCCM)**

Model predložen od Dong et al. (2010) se koristiti u kombinaciji sa metodom prioritizacije LLS i zasniva se na iterativnom usaglašavanju individualnih ocena članova grupe u pojedinačnim matricama odlučivanja  $A_z^{(c)}$  sa grupnom matricom  $A_z^{(g)}$ , odnosno u smanjivanju odstupanja individualnih odluka od grupne odluke. Ako ima  $n$  elemenata odlučivanja i  $m$  donosilaca odluka, algoritam modela se može predstaviti u 5 koraka:

- (1) Neka je  $z=0$  i  $A_z^{(c)} = (a_{ij,z}^{(c)})_{n \times n}$ ,  $c=1, \dots, m$ .
- (2) Neka je  $w_z^{(g)} = (w_{1,z}^{(g)}, w_{2,z}^{(g)}, \dots, w_{n,z}^{(g)})$  grupni vektor težina izračunat metodom LLS iz grupne matrice  $A_z^{(g)} = (a_{ij,z}^{(g)})_{n \times n}$ . Elementi matrice su:

$$a_{ij,z}^{(g)} = \prod_{c=1}^m (a_{ij,z}^{(c)})^{\alpha_c}, \quad (7)$$

gde je  $z$  redni broj iteracije.

- (3) Izračunati kardinalni indeks konsenzusa za svaku matricu  $A_z^{(c)}$ :

$$GCC I(A_z^{(c)}) = \frac{2}{(n-1)(n-2)} \sum_{\substack{i < j \\ i, j=1}}^n (\ln(a_{ij,z}^{(c)}) - \ln(w_{i,z}^{(g)}) + \ln(w_{j,z}^{(g)}))^2. \quad (8)$$

Ako za svako  $c$  važi da je  $GCCI(A_z^{(c)}) \leq GCC I_{max}$ , preći na korak 5; u protivnom, nastaviti sa korakom 4.

- (4) Uzeti matricu sa najvećim  $GCCI$  (to je matrica koja najviše odstupa od grupne matrice) i na njoj izvršiti korekcije ocena donosioca odluka na sledeći način:

$$a_{ij,z+1}^{(c)} = (a_{ij,z}^{(c)})^\theta \left( \frac{w_{i,z}^{(g)}}{w_{j,z}^{(g)}} \right)^{1-\theta}, \text{ gde je } 0 < \theta < 1. \quad (9)$$

Preostale matrice u iteraciji  $z+1$  ostaju iste kao u iteraciji  $z$  ( $A_{z+1}^{(c)} = A_z^{(c)}$ ). Zatim se vratiti na Korak 2.

\* Napomena: što je  $\theta$  veće, potreban je veći broj iteracija da bi se postigao konsenzus (za veće vrednosti  $\theta$ , početne ocene DO će se manje menjati u svakoj iteraciji pa će biti potreban veći broj iteracija da bi se postigao konsenzus). Dong et al. (2010) su predložili  $\theta = 0,8$ .

- (5) Kraj. Izlaz algoritma su iterativno korigovane početne matrice  $A_z^{(c)}$  za svakog DO čiji je kardinalni indeks konsenzusa ( $GCCI(A_z^{(c)})$ ) manji od zadatog ( $GCCI_{max}$ ), ukupan broj iteracija ( $z$ ) koji je bio potreban da se postigne konsenzus, grupna matrica ( $A_z^{(g)}$ ) i njoj pripadajući vektor težina ( $w_z^{(g)}$ ) koji predstavlja konačno konsenzus rešenje.

Napomena:

Ako je  $GCCI(A^{(c)})=0$ , onda je  $c$ -ti DO u apsolutnom (potpunom) konsenzusu sa grupnim vektorom prioriteta.

## Zaključci

Kao što je rečeno, AHP je pogodan za grupno odlučivanje. Osnovne prednosti grupnog donošenja odluka (u odnosu na individualno) su sledeće:

- (1) Znanje grupe je često veće od znanja pojedinca;
- (2) Participacija u odlučivanju povećava prihvatanje odluke od strane članova grupe;
- (3) Odgovornost i rizik se dele na članove grupe;
- (4) Donesena odluka ima veći legitimitet da bude sprovedena u delo.

Negativni aspekti su sledeći:

- (1) Duže trajanje procesa odlučivanja;
- (2) Opasnost od prevelikog uticaja člana grupe sa najvećim autoritetom na grupnu odluku;
- (3) Insistiranje na konsenzusu može ograničavati i sputavati članove grupe;
- (4) Mogućnost konflikata i neslaganja između članova grupe.

Primenom grupnog odlučivanja pomoću AHP, odnosno unošenjem individualnih vrednovanja nezavisno od drugih članova grupe eliminišu se neki od nedostataka grupnog odlučivanja:

- (1) Onemogućava se pritisak na članove grupe koji imaju drugačije mišljenje;
- (2) Svaki učesnik individualno unosi svoja vrednovanja;
- (3) Zahvaljujući softverskoj podršci, proces odlučivanja i dobijanje grupne odluke su brzi;
- (4) Konflikti i neslaganje između donosilaca odluka nisu mogući jer svaki pojedinac donosi odluku samostalno, a grupna odluka se dobija objedinjavanjem individualnih.

## Zahvalnica

Rad predstavlja deo rezultata projekta osnovnih istraživanja OI 174003: Teorija i primena Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) za višekriterijumsko odlučivanje u uslovima rizika i neizvesnosti (individualni i grupni kontekst), ciklus 2011-2017 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- Altuzarra, A., Moreno-Jimenez, J.M., Salvador, M.A. 2007. Bayesian prioritization procedure for AHP-group decision making. *European Journal of Operational Research* 182: 367–382.
- Barzilai, J. 1997. Deriving weights from pairwise comparison matrices. *Journal of Operational Research Society* 48: 1226–1232.
- Blagojević, B., Srđević, B., Srđević, Z., Lakićević, M. 2012. Allocation of budget funds on agricultural loan programs: group consensus decision making in the Provincial Fund for Agricultural Development of Vojvodina Province in Serbia. *Industrija* 40: 57–70.
- Blagojević, B. 2015. Minimizacija odstupanja grupne od individualnih odluka primenom inteligentnih stohastičkih algoritama u problemima vodoprivrede i poljoprivrede. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Blagojevic, B., Srdjevic, Z., Bezdán, A., Srdjevic, B. 2016a. Group decision making in land evaluation for irrigation: A Case study from Serbia. *Journal of Hydroinformatics* 18: 579–598.
- Blagojevic, B., Srdjevic, B., Srdjevic, Z., Zoranovic, T. 2016b. Heuristic aggregation of individual judgments in AHP group decision making using simulated annealing algorithm. *Information Sciences* 330: 260–273.
- Bryson, N. 1995. A goal programming method for generating priorities vectors. *Journal of Operational Research Society* 46: 641–648.
- Chen, Y.L., Cheng, L.C. 2009. Mining maximum consensus sequences from group ranking data. *European Journal of Operational Research* 198: 241–251.
- Chiclana, F., Mata, F., Martínez, L., Herrera-Viedma, E., Alonso, S. 2008. Integration of a consistency control module within a consensus decision making model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 16: 35–53.
- Chu, A., Kalaba, R., Springam, K. 1979. A comparison of two methods for determining the weights of belonging to fuzzy sets. *Journal of Optimization Theory and Applications* 127: 531–541.
- Condon, E., Golden, B., Wasil, E. 2003. Visualizing group decisions in the the analytic hierarchy process. *Computers and Operations Research* 30: 1435–1445.
- Crawford, G., Williams, C. 1985. A note on the analysis of subjective judgement matrices. *Journal of Mathematical Psychology* 29: 387–405.
- Dong, Y., Xu, Y., Li, H., Dai, M. 2008. A comparative study of the numerical scales and the prioritization methods in AHP. *European Journal of Operational Research* 186: 229–242.
- Dong, Y., Zhang, G., Hong, W.C., Xu, Y. 2010. Consensus models for AHP group decision making under row geometric mean prioritization method. *Decision Support Systems* 49: 281–289.
- Forman, E., Peniwati, K. 1998. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research* 108: 165–169.
- Golany, B., Kress, M. 1993. A multicriteria evaluation of methods for obtaining weights from ratio-scale matrices. *European Journal of Operational Research* 69: 210–220.
- Hartmann, S., Martini, C., Sprenger, J. 2009. Consensual Decision-Making Among Epistemic Peers. *Episteme* 6: 110–129.
- Herrera-Viedma, E., Herrera, F., Chiclana, F. 2002. A consensus model for multiperson decision making with different preference structures. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part A: Systems and Humans* 32: 394–402.



- Herrera-Viedma, E., Alonso, S., Chiclana, F., Herrera, F. 2007. A consensus model for group decision making with incomplete fuzzy preference relations. *IEE Transactions on Fuzzy Systems* 15: 863–877.
- Ishizaka, A., Labib, A. 2011. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications* 38: 14336–14345.
- Kumar, V.N., Ganesh, L. 1996. A simulation-based evaluation of the approximate and the exact eigenvector methods employed in AHP. *European Journal of Operational Research* 95: 656–62.
- Labib, A., Williams, G., O'Connor, R. 1996. Formulation of an appropriate productive maintenance strategy using multiple criteria decision making. *Maintenance Journal* 11: 66–75.
- Labib, A., Shah, J. 2001. Management decisions for a continuous improvement process in industry using the analytical hierarchy process. *Journal of Work Study* 50: 189–193.
- Lehrer, K., Wagner, C. 1981. *Rational Consensus in Science and Society*. Reidel, Dordrecht.
- Mikhailov, L., Singh, M.G. 1999. Comparison analysis of methods for deriving priorities in the analytic hierarchy process. *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*: 1037–1042.
- Mikhailov, L. 2000. A fuzzy programming method for deriving priorities in the analytic hierarchy process. *Journal of Operational Research Society* 51: 341–349.
- Mikhailov, L. 2004. Group prioritization in the AHP by fuzzy preference programming method. *Computers and operations research* 31: 293–301.
- Moreno-Jimenez, J.M., Aguaron, J., Raluy, A., Turon, A. 2005. A Spreadsheet module for consensus building in AHP group decision making. *Group Decision and Negotiation* 14: 89–108.
- Ramanathan, R., Ganesh, L.S. 1994. Group preference aggregation methods employed in AHP: an evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages. *European Journal of Operational Research* 79: 249–265.
- Regan, H.M., Colyvan, M., Markovchick-Nicholls, L. 2006. A formal model for consensus and negotiation in environmental management. *Journal of Environmental Management* 80: 167–176.
- Saaty T.L. 1980. *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L. 1990. Eigenvector and logarithmic least squares. *European Journal of Operational Research* 48: 156–160.
- Saaty, T.L. 1999. *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world (Vol. 2)*. RWS publications.
- Srdjevic, B. 2005. Combining different prioritization methods in the analytic hierarchy process synthesis. *Computers and Operations Research* 32: 1897–1919.
- Srdjevic, B., Srdjevic, Z., Blagojevic, B., Suvocarev, K. 2013. A two-phase algorithm for consensus building in AHP-group decision making. *Applied Mathematical Modelling* 37: 6670–6682.
- Takeda, E., Cogger, K., Yu, P.L. 1987. Estimating criterion weights using eigenvectors: a comparative study. *European Journal of Operational Research* 29: 360–9.
- Vaidya, O.S., Kumar, S. 2006. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research* 169: 1–29.
- Wu, Z., Xu, J. 2012. A consistency and consensus based decision support model for group decision making with multiplicative preference relations. *Decision Support Systems* 52: 757–767.
- Xu, J., Wu, Z. 2013. A maximizing consensus approach for alternative selection based on uncertain linguistic preference relations. *Computers and Industrial Engineering* 64: 999–1008.
- Yaniv, I. 2004. Receiving other people's advice: influence and benefit. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 93: 1–13.
- Zahedi, F. 1986. A simulation study of estimation methods in the Analytic Hierarchy Process. *Socio-Economic Planning Science* 20: 347–354.

## Group decision making using the analytic hierarchy process

Boško Blagojević<sup>a\*</sup>, Bojan Srđević<sup>a</sup>, Zorica Srđević<sup>a</sup>, Tihomir Zoranović<sup>b</sup>

<sup>a</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Water Management, Novi Sad, Serbia

<sup>b</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department for Agricultural Economics and Rural Sociology, Novi Sad, Serbia

\* Corresponding author: [blagojevich@polj.uns.ac.rs](mailto:blagojevich@polj.uns.ac.rs)

### ABSTRACT

Agricultural and water management decision problems are usually complex because many criteria (such as economical, social and environmental) need to be considered. For this kind of problems, decision making process is often based only on qualitative data or sometimes on combination of quantitative and qualitative data. Because of the increasing complexity of decision making problems in agriculture and water management and the necessity to include all interested participants in problem solving, nowadays many decision making processes take place in group settings. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a multi criteria decision-making method that has been used in many applications related with decision-making based on qualitative data, and is applicable to both individual and group decision making situations. There are various aggregation procedures for obtaining a group priority vector within AHP-supported decision making, the most common of which are the aggregation of individual judgments (AIJ), aggregation of individual priorities (AIP) and aggregations based on consensus models. Paper provides critical analysis of advantages and disadvantages of AHP, and reviews trends in combining AHP with other methods.

### KEY WORDS

Group decision making, analytic hierarchy process

Primljen: 24.04.2017.

Prihvaćen: 31.05.2017.