

DISKRETNi MODELI ODLUČIVANJA U OPTIMIZACIJI KORIŠĆENJA KANALSKE MREŽE U VOJVODINI

Bojan Srđević¹

REZIME

U radu su prikazani neki osnovni diskretni modeli odlučivanja, a zatim su pomoću tri odabrana modela višekriterijumski vrednovani varijantni sistemi navodnjavanja u kontekstu višenamenskog korišćenja kanalske mreže u Vojvodini.

Ključne reči: diskretno odlučivanje, višekriterijumska optimizacija, kanalska mreža, Vojvodina

1. UVOD

Korišćenje višenamenskih regionalnih sistema kakav je Hidrosistem DTD zahteva rešavanje višedimenzionalnih povezanih zadataka u domenu planiranja, organizacije, upravljanja, održavanja i razvoja. Uvek postoji konflikt među ciljevima i prioritetima kod gazdovanja ovakvim sistemima, na svim nivoima po vertikali i horizontali državnih, regionalnih i lokalnih korisnika, institucija i preduzeća nadležnih za sistem. Posmatrani u širem kontekstu, konflikti su deo inherentne strukture sistema i njegove prostorne i vremenske dimenzije. Svaku od dimenzija karakterišu skupovi kriterijuma, podkriterijuma i atributa vezanih, na primer, za velike investicije, skupu opremu, ekonomsko-tehnički-klimatski hazard, složenost upravljanja u realnom vremenu i dr. Prepoznavanje konflikta i kontrasta kriterijuma danas se uglavnom postiže studioznim analizama grupisanih kategorija problema i njihovih arhitektura, odnosno hijerarhija povezivanja tako da se omogućći efikasno donošenje merodavnih odluka.

Problemi odlučivanja u vodoprivredi razvijenih zemalja više se ne mogu zamisliti bez podrške automatizovanih (komputerizovanih) metoda, tehnika i tehnologija. Mehanizme odlučivanja istražuju armije naučnika i primenjuju ih sa stručnjacima na terenu, a velike investicije beleže se u domenu razvoja sistema za podršku odlučivanju koji objedinjavaju resurse IT (npr. Internet komunikacija putem web-a, elektronske pošte i web-portala), metode i alate jednokriterijumske i višekriterijumske analize i optimizacije,

¹ Dr Bojan Srđević, red. prof., Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda

simulacione tehnike, instrumente tzv. socijalne teorije odlučivanja (metodologije i mehanizmi glasanja), grupne i metodologije participativnog odlučivanja i dr.

U radu su dati neki noviji rezultati primenjenih istraživanja u oblasti teorije i metoda podrške odlučivanju u domaćoj vodoprivredi, sa težištem na odabranim diskretnim metodima odlučivanja, pogodnim za kompetentnu analizu mogućnosti korišćenja deonika kanalske mreže u Vojvodini na dugoročnoj osnovi. Za odabrani test-problem rangiranja više sistema navodnjavanja, identifikovani su elementi jedne od mogućih hijerarhija odlučivanja, a zatim je demonstrirana primena nekoliko odabranih metoda.

2. ODABRANI METODI DISKRETNOG ODLUČIVANJA

2.1. Matrica odlučivanja

Metodi o kojima je ovde reč koriste matricu odlučivanja R za koju su uobičajeni i nazivi 'payoff matrica', 'rejting matrica' ili 'matrica performanse'. Svaki red u matrici odgovara jednoj alternativu, svaka kolona jednom kriterijumu, a element $r_{ij} \in R$ predstavlja rejting (performansu) alternative A_i u odnosu na kriterijum C_j .

Za m kriterijuma ($C_1, C_2, \dots, C_m$) i n alternativa ($A_1, A_2, \dots, A_n$) matrica R ima oblik (1). Vrednosti ($w_1, w_2, \dots, w_m$) upisane iznad matrice su težinske vrednosti kriterijuma definisane od strane donosioca odluka, ili određene na drugi način; zbir ovih težinskih vrednosti obično je 1, ili se na to može dovesti aditivnom normalizacijom.

$$R = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdot & \cdot & C_m \\ w_1 & w_2 & \cdot & \cdot & w_m \end{array} \\ \begin{array}{l} A_1 \\ A_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ A_n \end{array} \left[\begin{array}{ccccc} r_{11} & r_{12} & \cdot & \cdot & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdot & \cdot & r_{2m} \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdot & \cdot & r_{nm} \end{array} \right] \end{array} \quad (1)$$

Zbog jednostavnosti izlaganja, obično se usvaja da su svi kriterijumi maksimizacioni ili minimizacioni. Kao što je poznato, minimizacioni kriterijumi se lako konvertuju u maksimizacione zamenom znaka rejtinga ili uzimanjem njihovih recipročnih vrednosti. U daljem tekstu se usvaja da su svi kriterijumi maksimizacioni.

2.2. Jednostavniji višekriterijumski metodi

• Aditivni metod (SAW – Simple Additive Weighting)

SAW je jednostavan metod koji najčešće daje slične rezultate kao i tzv. napredniji metodi. Direktno se primenjuje na matricu odlučivanja, a sastoji se iz tri koraka: 1) normalizacija rejtinga da bi se postigla uporedivost; 2) primena težinskih vrednosti kriterijuma na normalizovane rejtinge; i 3) sabiranje otežanih rejtinga za svaku alternativu.

Posle normalizacije, primenom obrasca (2) za svaku alternativu se izračunava ukupna vrednost (utility) u odnosu na sve kriterijume.

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Najbolja je alternativa sa najvećom vrednošću S_i .

• *Produktni metod (SPW – Simple Product Weighting)*

Metod SPW se takođe direktno primenjuje na matricu rejtinga, a računanja se slično kao kod SAW vrše po vrstama. Obrazac (3) se primenjuje na svaku alternativu, a najbolja je alternativa sa najvećom vrednošću S_i . Normalizacija nije neophodna, iako se može koristiti.

$$S_i = \prod_{j=1}^m (r_{ij})^{w_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

2.3. Napredniji višekriterijumski metodi

Postojanje više alternativa i kriterijuma, od kojih neke treba maksimizirati a neke minimizirati, znači da se odluke donose u konfliktnim uslovima i da se za rešavanje višekriterijumskih zadataka moraju primeniti instrumenti koji su fleksibilniji od strogo matematičkih tehnika čiste optimizacije. Za ovu svrhu razvijeni su metodi analize među kojima su značajniji AHP, PROMETHEE, ELECTRE, TOPSIS i CP.

Ovi metodi se često nazivaju 'meke' optimizacione tehnike, za razliku od matematički strogo profilisanih standardnih optimizacionih metoda kao što su LP, DP ili Teorija igara. Svi koriste heurističke parametre i mere rastojanja. Neki imaju više verzija (npr. AHP standardni i multiplikativni, ELECTRE I, II, III i IV, ili PROMETHEE 1 i 2), a u praksi se često paralelno koristi nekoliko metoda da bi se obezbedila kontrola konzistentnosti odlučivanja. U novije vreme se koriste i fuzzy verzije pojedinih metoda da bi se obuhvatio kompleks problema povezanih sa grupnim odlučivanjem, ljudskom subjektivnošću, ekspertskim znanjem, sklonošću da se koriste verbalne umesto brojčanih ocena i dr. Za AHP, PROMETHEE i ELECTRE postoje komercijalne i promotivne verzije softvera, a kompetitivnost metoda je u određenoj meri odraz stanja na tom tržištu. Opis metoda AHP, PROMETHEE, ELECTRE i CP ovde se izostavlja. Detaljnije je prikazan samo metod TOPSIS koji je, kao i metodi SAW i SPW, korišćen u ilustrativnom primeru.

• *Metod TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)*

TOPSIS se smatra alternativom metoda ELECTRE, a još je tačnije ubrojati ga u klasu metoda tzv. idealne tačke. Metod rangira alternative prema udaljenosti od tzv. idealnog rešenja i idealnog negativnog rešenja koje najpre treba odrediti. Idealno rešenje minimizira kriterijume cene, a maksimizira kriterijume dobiti; za minimalno idealno rešenje važi obrnuto. Optimalna alternativa je ona koja je u geometrijskom smislu najbliža idealnom rešenju, odnosno najdalja od idealnog negativnog rešenja. Rangiranje

alternativa se zasniva na 'relativnoj sličnosti sa idealnim rešenjem' čime se izbegava situacija da alternativa istovremeno ima istu sličnost sa idealnim i sa negativnim idealnim rešenjem.

Idealno rešenje se definiše pomoću najboljih rejting vrednosti alternativa za svaki pojedinačni kriterijum; obrnuto, negativno idealno rešenje predstavljaju najgore vrednosti rejtinga alternativa. Pojmovi 'najbolji' i 'najgori' interpretiraju se za svaki kriterijum posebno, prema tome da li je kriterijum maksimizacioni ili minimizacioni.

TOPSIS se sastoji iz 6 koraka:

1. *Normalizovanje rejting matrice.* U payoff matrici (1) brojne vrednosti r_{ij} u opštem slučaju imaju različitu metriku. Zato se prvo vrši normalizacija elemenata prema relaciji (4) da bi se dobila matrica (5) u kojoj su svi elementi bezdimenzione veličine.

$$x_{ij} = r_{ij} \left[\sqrt{\sum_{i=1}^n r_{ij}^2} \right]^{-1} \quad (4)$$

$$X = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & . & . & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & . & . & w_m \\ x_{11} & x_{12} & . & . & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & . & . & x_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ x_{n1} & x_{n2} & . & . & x_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

2. *Množenje normalizovane rejting matrice težinskim koeficijentima kriterijuma.* Relacija (6) predstavlja težinsku normalizovanu matricu performanse $V=(v_{ij})$, gde je svako v_{ij} proizvod normalizovane performanse alternative i odgovarajućeg težinskog koeficijenta kriterijuma.

$$V = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & . & . & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & . & . & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & . & . & v_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ v_{n1} & v_{n2} & . & . & v_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & . & . & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & . & . & w_m x_{1m} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & . & . & w_m x_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ w_1 x_{n1} & w_2 x_{n2} & . & . & w_m x_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

3. *Određivanje idealnih rešenja.* Idealno rešenje (A^*) i negativno idealno rešenje (A^-) određuju se pomoću relacija (7) i (8).

$$\begin{aligned} A^* &= \{(\max v_{ij} \mid j \in G), (\min v_{ij} \mid j \in G'), i = 1, \dots, n\} \\ &= \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_m^*\} \end{aligned} \quad (7)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in G), (\max v_{ij} \mid j \in G'), i = 1, \dots, n\}$$

$$= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-\} \quad (8)$$

gde su

$$G = \{j = 1, 2, \dots, m \mid j \text{ pripada kriterijumima koji se maksimiziraju}\}$$

$$G' = \{j = 1, 2, \dots, m \mid j \text{ pripada kriterijumima koji se minimiziraju}\}$$

Najbolje su alternative koje imaju najveće v_{ij} u odnosu na kriterijume koji se maksimiziraju i najmanje v_{ij} u odnosu na kriterijume koji se minimiziraju. A^* ukazuje na najbolju alternativu – idealno rešenje, a po istoj logici A^- ukazuje na idealno negativno rešenje.

4. *Određivanje rastojanja alternativa od idealnih rešenja.* U ovom koraku se pomoću relacija (9) i (10) izračunavaju n -dimenziona Euklidska rastojanja svih alternativa od idealnog i idealnog negativnog rešenja.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^*)^2}, i = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, \dots, n. \quad (10)$$

5. *Određivanje relativne blizine alternativa idealnom rešenju.* Za svaku alternativu određuje se relativno rastojanje (11)

$$Q_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}, i = 1, \dots, n \quad (11)$$

gde je $0 \leq Q_i^* \leq 1$. Alternativa A_i je bliža idealnom rešenju ako je Q_i^* bliže vrednosti 1, ili što je isto, ako je S_i^* bliže vrednosti 0.

6. *Rangiranje alternativa.* Alternative se rangiraju po opadajućim vrednostima Q_i^* .

3. ILUSTRATIVNI PRIMER VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE KORIŠĆENJA DEONICA KANALSKE MREŽE U VOJVODINI

3.1. Postavka problema

Pretpostavimo da su na delu kanalske mreže utvrđeni potreba i mogućnost uspostavljanja 8 zalivnih sistema manje ili više različitih svojstava – od veličine i strukture individualnih poseda koji bi bili navodnjavani, preko 'tehničke pogodnosti' za implementaciju sistema, do strukture poljoprivredne proizvodnje i motivisanosti lokalnih korisnika. Sistemi se identifikuju kao: Sistem 1, Sistem 2, ..., Sistem 8. Prema geografskom položaju i pripadnosti vodoprivrednim područjima sistemi se mogu grupisati u tri pod-sistema (Grupa I: Sistemi 1, 4 i 6; Grupa II: Sistemi 2 i 3; Grupa III: Sistemi 5, 7 i 8).

Pretpostavimo da se za ovako redukovani opis sistema implicira kontekst dvonamenskog korišćenja kanala: (1) za odvodnjavanje i (2) za navodnjavanje. Naravno, kod realnog odlučivanja kontekst se 'širi' uvođenjem drugih relevantnih informacija o tehnno-ekonomskim karakteristikama pojedinačnih sistema, dispoziciji kanala i sistema, o vodoprivrednim preduzećima zaduženim za brigu o gravitirajućim kanalima, sistemu naplata, upravljivosti i održavanju sistema, zainteresovanosti za nadgradnju i razvoj, itd.

Neka je uspostavljen jedinstveni skup od 7 kriterijuma po kojima će zalivni sistemi biti vrednovani. (*Napomena:* Kao što je niže navedeno, unutar nekih kriterijuma mogu se definisati i podkriterijumi da bi se direktnije vrednovala neka od važnih svojstava sistema; dalja podela ovde nije posebno razmatrana).

Kriterijumi i podkriterijumi su:

- K1 – Radovi i investicije
- K2 – Tehnički aspekti (2.1. Projektovanje; 2.2. Implementacija; 2.3 Upravljanje)
- K3 – Održavanje (3.1. Investiciono; 3.2. Redovno)
- K4 – Naplata naknada (4.1. Potrebna regulativa; 4.2. Mogućnost naplate; 4.3. Kontrola naplate)
- K5 – Efekat na poljoprivredu (5.1. Lokalni; 5.2. Regionalni)
- K6 – Sekundarni efekti (6.1. Nepovoljni; 6.2. Povoljni)
- K7 – Motivisanost (7.1. JVP; 7.2. Korisnici; 7.3. Nadležno VP)

Na osnovu vrednovanja po svim kriterijumima i podkriterijumima treba sačiniti rang-listu zalivnih sistema i odabrati prva tri rangirana za dalju obradu i eventualnu izgradnju.

3.2 Poentiranje zalivnih sistema i kriterijuma

Svi zalivni sistemi vrednovani su prvo tako što je svaki sistem poentiran na skali od 1 do 10 po svakom od kriterijuma. Ako se ocena 1 smatra najgorom, a ocena 10 najboljom, vrednosti date u Tabeli 1 pokazuju da ni jedan sistem ne dominira apsolutno nad ostalima, niti je ijedan dominiran od svih u Pareto smislu.

Semantika vrednovanja je takva da se svi kriterijumi tretiraju kao maksimizacioni što u metodološkom smislu nije pojednostavljenje problema jer skalarizacioni postupci, npr. u višekriterijumskim metodima TOPSIS ili CP, obezbeđuju konzistentan tretman i minimizacionih i maksimizacionih kriterijuma.

Radi jednostavnosti sve ocene su date kao celi brojevi, iako to nije obavezno.

Tabela 1. Poeniranje zalivnih sistema
Table 1. Pointing of irrigation systems

Sistemi / Kriterijumi Systems/Criteria	Radovi i investicije Works and investments K1	Tehnički aspekti Technical aspects K2	Održavanje Maintenance K3	Naknade Fees K4	Efekat na poljopr. Effects in Agriculture K5	Sekund. efekti Secondary effects K6	Motivis. Motivation K7
Grupa sistema I Group of systems I							
Sistem 1	1	4	6	4	6	7	7
Sistem 4	4	3	7	5	8	1	9
Sistem 6	6	3	7	7	10	2	6
Grupa sistema II Group of systems II							
Sistem 2	8	2	8	5	6	5	6
Sistem 3	9	4	8	8	4	5	6
Grupa sistema III Group of systems III							
Sistem 5	9	6	4	8	5	5	6
Sistem 7	2	7	4	4	8	2	9
Sistem 8	3	8	8	3	6	5	7
→	max	max	max	max	max	max	max

Za sprovođenje višekriterijumske analize potrebno je da se svim kriterijumima dodele težine koje determinišu njihov relativni značaj za donosioca odluka. Ako se primeni isti princip poentiranja, mogu se npr. u Varijanti I pretpostaviti iste težine svih kriterijuma kao što dato u Tabeli 2. U cilju ilustracije date su još dve varijante poentiranja. U Varijanti II veća težina je data kriterijumima K1 – K4 koji su vezani za direktnije merljive kriterijume iz domena ekonomije i tehnike. U Varijanti III veća težina data je kriterijumima K4 (Naknade) i K5 (Poljoprivredni efekti), a zatim i kriterijumu K7 (Motivisanost), da bi se istakao širi društveno-ekonomski i socijalni kontekst vrednovanja sistema.

3.3 Rangiranje zalivnih sistema

Korišćena su tri višekriterijumska metoda:

- SAW – aditivni metod
- SPW – produktni metod
- TOPSIS – metod idealne tačke

a rezultati rangiranja dati su u Tabeli 3.

Tabela 3. Rangiranje zalivnih sistema po različitim metodima za tri varijante poentiranja kriterijuma

Table 3. Ranking of the irrigation systems with different methods and for three alternative pointings of criteria

Sistem System	Varijanta I Alternative I			Varijanta II Alternative II			Varijanta III Alternative III		
	SAW	SPM	TOPSIS	SAW	SPM	TOPSIS	SAW	SPM	TOPSIS
Sistem 1	6	8	6	8	8	8	8	8	8
Sistem 2	4	4	4	4	4	3	7	7	7
Sistem 3	1	1	2	1	1	1	3	3	3
Sistem 4	8	7	8	6	6	7	6	5	5
Sistem 5	2	2	1	2	2	2	2	2	2
Sistem 6	5	5	5	3	3	4	1	1	1
Sistem 7	7	6	7	7	7	6	5	6	4
Sistem 8	3	3	3	5	5	5	4	4	6

Prema Varijanti I, kada svi kriterijumi imaju jednaku važnost, najbolji je zalivni Sistem 3, a zatim slede Sistem 5 i Sistem 8. Najgori je Sistem 4 koga su dva od tri metoda rangirala kao poslednjeg.

Prema Varijanti II, kada se veća težina daje tehno-ekonomskim kriterijumima, najbolji zalivni sistemi su ponovo Sistem 3 i za njim Sistem 5. Na trećem mestu je Sistem 6 koji je po Varijanti I bio tek 5-ti.

Prema Varijanti III, kada se više uvažava širi društveno-ekonomski i socijalni kontekst, najbolje rangiran je Sistem 6, a zatim slede Sistemi 5 i 3.

Ako se rezultati dobijeni po sva tri višekriterijumska metoda analiziraju po grupama sistema kako je dato u Tabeli 3, odnosno rangovi pripadajućih sistema saberu i vrednosti svedu na zajedničku meru, Tabela 4, lako je zaključiti da se za Varijante II i III poentiranja kriterijuma grupe sistema rangiraju kao: 1) Grupa II, 2) Grupa III i 3) Grupa I.

Tabela 2. Tri variantna poeniranja i normalizovane težinske vrednosti kriterijuma
Table 2. Three alternative pointings and normalized criteria weights

Poeni / Težinske vrednosti <i>Points /Weights</i>	Radovi i investicije Works and investments K1	Tehnički aspekti Technical aspects K2	Održavanje Maintenance K3	Naknade Fees K4	Efekat na poljopr. Effects in Agriculture K5	Sekund. efekti Secondary effects K6	Motivis. Motivation K7
Varijanta I Alternative I							
Poeni <i>Points</i>	5	5	5	5	5	5	5
Tež. vr. <i>Weights</i>	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
Varijanta II Alternative II							
Poeni <i>Points</i>	8	8	10	10	5	5	5
Tež. vr. <i>Weights</i>	0.157	0.157	0.196	0.196	0.098	0.098	0.098
Varijanta III Alternative III							
Poeni <i>Points</i>	3	6	6	10	10	3	8
Tež. vr. <i>Weights</i>	0.065	0.130	0.130	0.217	0.217	0.065	0.174

Tabela 4. Rangiranje grupa zalivnih sistema za tri varijante poentiranja kriterijuma*
Table 4. Ranking of the groups of irrigation systems for three alternative pointings of criteria

Grupe sistema Groups of systems	Varijanta I Alternative I	Varijanta II Alternative II	Varijanta III Alternative III
Grupa sistema I (1, 4, 6) Group of systems I	58/9 = 6,44	53/9 = 5,89	43/9 = 4,88
Grupa sistema II (2, 3) Group of systems II	16/6 = 2,67	14/6 = 2,33	30/6 = 5,00
Grupa sistema III (5, 7, 8) Group of systems III	34/9 = 3,78	41/9 = 4,56	35/9 = 3,89

* Korišćeni su rangovi dobijeni po sva tri metoda (SAW, SPW i TOPSIS)

* Ranks obtained by all three methods (SAW, SPW i TOPSIS) has been used

U trećem slučaju, kada se primeni poentiranje po Varijanti III, grupe sistema se rangiraju drugačije: 1) Grupa III, 2) Grupa I i 3) Grupa II. Posmatranjem i rezultata iz Tabele 3, uočava se da se u Grupi III ne nalazi najbolje rangirani zalivni Sistem 6. Ovo ukazuje na važnost dubinske analize rezultata višekriterijumskih metoda i fleksibilnosti u tretiranju alternativnih odluka – ovde zalivnih sistema.

4. ZAKLJUČAK

U radu su sažeto prikazani elementi diskretnih modela odlučivanja koji se mogu direktno primeniti za unapređenje eksploatacije kanalske mreže u Vojvodini. Izbor modela dat je imajući u vidu širi kontekst višekriterijumske analize, odnosno činjenicu da su ti modeli već stekli naučnu i stručnu reputaciju u primenama širom sveta, a istovremeno su delimično ili kompletno podržani softverom koji je razvijen u Departmanu za uređenje voda (SAW, SPW, AHP, TOPSIS i CP), ili je softver na raspolaganju putem Interneta (PROMETHEE).

Prikazana primena tri odabrana metoda na rangiranje potencijalnih rešenja u dvonamenskom korišćenju delova kanalske mreže u Vojvodini (odvodnjavanje i navodnjavanje) pokazala je da praktično nema ograničenja da se i ozbiljni zahvati u oblasti integrisanog razvoja sektora voda i poljoprivrede podvrgnu savremenim metodologijama odlučivanja iz kojih će biti uklonjeni još uvek dominirajući tradicionalni pristupi koje je razvijeni svet već napustio. Neophodno je na konkretnim pilot-primerima detaljnije razraditi koncepte odlučivanja po hijerarhiji važnosti problema, a posebno tretirati modele participativnog odlučivanja. Da bi se metodološki poduprlo gazdovanje (vođenje) složenih višenamenskih vodoprivrednih sistema, kao što je i Hidro-sistem DTD, odnosno da bi se dalje razrađivali pravci funkcionalnog povezivanja različitih elemenata odlučivanja na raznim nivoima, mogući prilaz je da se elementi grupišu u sledeće celine:

Aspekti: Organizacija; Planiranje; Upravljanje; Održavanje; Razvoj.

Nadležnost u vezi sistema: Državna (institucije); Regionalna (JVP Vode Vojvodine);

Lokalna (vodoprivredna preduzeća).

Kriterijumi / atributi vezani za odlučivanje o sistemu: Obim i struktura investicija; Uvoz i vrsta opreme; Ekonomsko-tehnički-klimatski hazard; Složenost upravljanja u realnom vremenu.

Ukrštanjem navedenih sa elementima odlučivanja iz poglavlja 3, a naročito razradom struktura odlučivanja (npr. na način kako je to učinjeno za podkriterijume u istom poglavlju), stvorio bi se radikalno nov ambijent za odgovorno donošenje odluka u predmetnom sektoru voda. Ovo može imati dalekosežan ekonomski i društveni značaj na šta nedvosmisleno ukazuju brojni primeri iz drugih zemalja.

5. LITERATURA

1. Hwang C.L., Yoon, K.S.: Multiple attribute decision making: methods and applications. Springer, New York, 1981.
2. Pouwels I. H. M., Wind H. G. , Witter V. J.: Multiobjective decision making in integrated water management. *Physics and Chemistry of the Earth* 20, 3-4, 221-227, 1995.
3. Saaty, T. L.: *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 1980.
4. Srđević B., Donošenje odluka pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa. *Melioracije i poljoprivreda*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 204-221, 2002.
5. Srđević B., Medeiros Y., Srđević Z., and Schaer M.: Evaluating management strategies in Paraguacu river basin by analytic hierarchy process. *Proceedings of the iEMSs 2002 – First Biennial Meeting of the International Environmental Modeling and Software Society, Theme: Integrated Assessment and Decision Support*, (A.E. Rizzoli and A.J. Jakeman eds.) 1, 42–47, Lugano, Switzerland, 2002. <http://www.iemss.org/iemss2002>
6. Srđević B., Metodi i rešenja višekriterijumske analize u poljoprivredi. *Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Agroekonomika* 32, Naučna dostignuća u stočarstvu i konkurentnost poljoprivrede, 307-312, 2003.
7. Triantaphyllou E., Lin T.E.: Development and evaluation of five multiattribute decision making methods. *International Journal of Approximate Reasoning* 14, 281–310, 1996.
8. Triantaphyllou E., Shu B., Sanchez S.N., Ray T.: Multi-criteria decision making: An operations research approach". *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering* (J. G. Webster, ed.), John–Wiley & Sons, New York, NY, Vol. 15, 175–186, 1998.
9. Zadeh L.A.: Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338–353, 1965.
10. Zeleny M.: *Multiple criteria decision making*. McGraw-Hill, New York, 1982.
11. +++, Vrednovanje kriterijuma i strategija korišćenja regionalnog hidrosistema 'Nadela' pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, 2004.
12. +++, Višekriterijumska analiza mogućnosti korišćenja deonice kanalske mreže u Vojvodini, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, 2005.

DISCRETE DECISION MAKING MODELS IN OPTIMIZATION OF THE USAGE OF CANAL NETWORK IN VOJVODINA

by

Bojan Srdjevic

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

Tel: +381-21-455-770, +381-63-8117-364, Fax: +381-21-455-713

E-mail: bojans@polj.ns.ac.yu

SUMMARY

Paper presents basic discrete models for decision making. An application of three selected methods in multicriteria analysis and evaluation of alternative irrigation systems is described taking into consideration multiple-purposes nature of the canal network in Vojvodina.

Keywords: discrete decision-making, multicriteria optimization, canal network, Vojvodina

Primljeno: 26. 09. 2005.

Prihvaćeno: 02. 10. 2005.