

KOMBINOVANJE METODA AHP I PROMETHEE PRI IZBORU NAJPOGODNIJEG REŠENJA OBLAGANJA KANALA ZA NAVODNJAVANJE

Jovana DRAGINČIĆ, Veroljub MARKOVIĆ
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda

REZIME

U vodoprivrednoj praksi se često paralelno koristi nekoliko metoda višekriterijumske analize, ili se vrši njihovo kombinovanje sa ciljem boljeg prilagođavanja problemu odlučivanja. U radu je kanal „Kula - Mali Idoš“ u AP Vojvodini uzet kao model za izvođenje naučnog eksperimenta u kome su kombinovani višekriterijumski metodi AHP i PROMETHEE da bi se izabrala najbolja od nekoliko varijanti oblaganja kanala za navodnjavanje.

Ključne reči: AHP, PROMETHEE, oblaganje kanala za navodnjavanje

UVOD

Donošenje odluka o najpovoljnijim rešenjima u vodoprivredi je po definiciji složen proces koji predstavlja izbor između više alternativa prema brojnim, često konfliktnim kriterijumima. Kao podrška procesu odlučivanja razvijeni su brojni metodi višekriterijumske analize. Poznato je takođe da ne postoji metod koji se može bez kritikizma proglasiti najprikladnijim za određeni problem odlučivanja, zbog čega je izbor metoda najčešće rezultat subjektivne procene. U nekim slučajevima može da se desi da svaki metod proizvede različit rezultat, te se u praksi često koristi i po nekoliko metoda ili se vrši njihovo kombinovanje.

Od kada je Saaty predstavio metod analitički hijerarhijski proces (AHP) [6], a Brans i Mareschal metod PROMETHEE [2], oba su uspešno primenjivana na brojne situacije odlučivanja. Komparativna analiza oba metoda, prednosti i nedostaci, kao i predlozi za unapredjenje PROMETHEE metoda sa nekim od ideja AHP-a opisani su u literaturi [5]. U radu je kanal „Kula - Mali Idoš“ uzet kao model za višekriterijumsku analizu i izvođenje naučnog eksperimenta u kome je demonstrirana moguća kombinovana primena metoda

AHP i PROMETHEE pri izboru varijante oblaganja kanala. Iskorišćena je dobra karakteristika AHP-a da na nivou kriterijuma (u hijerarhiji) utvrdi njihove težine, a da se zatim ove težine koriste u metodu PROMETHEE pri vrednovanju alternativa oblaganja kanala.

Kanal „Kula - Mali Idoš“ se nalazi u sklopu regionalnog sistema za snabdevanje vodom severne Bačke u AP Vojvodini. Dug je 5100 m, a njegova osnovna svrha jeste obezbeđenje dovoljne količine vode za navodnjavanje korisnicima sa područja koje gravitira podsystemu. Teren na kome se nalazi ovaj kanal je lesna terasa, koja je veoma nepovoljna sredina u procesu eksploatacije zbog svoje karakteristične strukture i poroznosti. U većini slučajeva zemljani kanali iako imaju niske troškove izgradnje, imaju i brojne nedostatke. Neki od njih su: infiltracija vode u zemljište, maksimum brzine je ograničen, mogućnost rasta vegetacije na obalama, opasnost od narušavanja obale erozijom i visoki troškovi održavanja. Izgradnja prve faze regionalnog podsystema „Kula - Mali Idoš“ trajala je do 2004. godine, a oblaganje kanala plastičnom folijom je izvršeno dve godine kasnije.

AHP

AHP je višekriterijumski metod koji se sastoji u razlaganju složenog problema u hijerarhiju. Na vrhu se nalazi cilj, dok se kriterijumi, podkriterijumi i alternative nalaze na nižim nivoima. Vrednuju se elementi hijerarhije na svim nivoima u odnosu na elemente na višem nivou, uz pomoć skale relativnog značaja (Tabela 1), a ocene su elementi u matrici poređenja A .

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

Tabela 1. Sattijeva skala relativnog značaja
Table 1. Satty's comparison scale

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

Matrica je pozitivna i recipročna, odnosno važi da je $a_{ji} = 1/a_{ij}$, $i, j = 1, \dots, n$ i svi elementi na glavnoj dijagonali su 1 ($a_{ii} = 1$, $i = 1, \dots, n$). U donjem trouglu matrice su recipročne vrednosti ($a_{ji} = 1/a_{ij}$, $i, j = 1, \dots, n$). Dimenzija matrice n jednaka je broju elemenata koji se porede. Iz matrice A može se odrediti vektor težina poređenih elemenata ($w = \{w_i, i = 1, \dots, n\}$). Ovaj vektor se često naziva i vektor prioriteta, a postupak određivanja ovog vektora prioritizacija. Za određivanje vektora prioriteta kriterijuma korišćen je prioritizacioni metod aditivne normalizacije (Additive Normalization Method). Sledeće relacije opisuju datu proceduru:

$$a_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Metod je jednostavan i često se primenjuje u praksi, a istraživanja su pokazala da nije inferioran u odnosu na druge metode prioritizacije [7].

Pošto se prioritizacijom odrede lokalne težine alternativa, u poslednjem koraku AHP-a vrši se sinteza koja se sastoji u sabiranju proizvoda lokalnih težina alternativa i težinskih koeficijenata pripadajućih kriterijuma. Kao konačni rezultat dobijaju se kompozitni vektori težinskih koeficijenata alternativa. Napomena: Ovde nije vršena prioritizacija alternativa. Primena AHP-a završena je na nivou kriterijuma, a ove težine su korišćene u metodu PROMETHEE.

PROMETHEE

PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment of Evaluations) je takođe

poznat metod u oblasti višekriterijumske analize i jednostavan je za primenu.

U matrici odlučivanja (Slika 1) vrši se vrednovanje alternativa po kriterijumima i utvrđuju mere dominacije alternativa.

		KRITERIJUMI
		$k_1(\cdot)$ $k_2(\cdot)$... $k_j(\cdot)$... $k_k(\cdot)$
ALTERNATIVE	a_1	$k_j(a_i)$
	a_2	
	...	
	a_i	
	...	
	a_n	

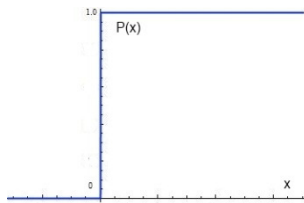
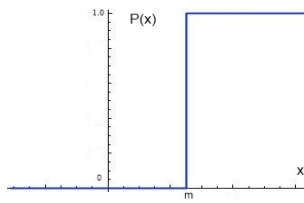
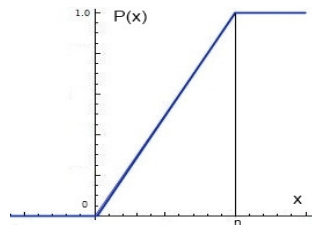
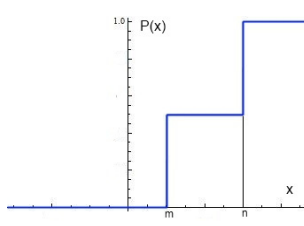
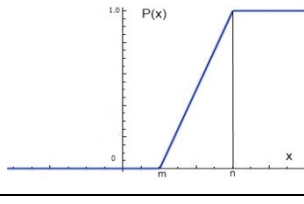
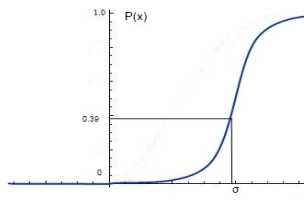
Slika 1. Matrica odlučivanja
Figure 1. Decision matrix

Pretpostavka je da su već poznate težine kriterijuma tako da važi:

$$\sum_j^k w_j = 1, \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (3)$$

Metod zahteva da se definišu i tzv. funkcije preference za međusobno poređenje alternativa. U upotrebi je šest tipova takvih funkcija od kojih neke koriste parametre kako će biti opisano (Slika 2):

- Tip I – Obična funkcija preference predstavlja osnovni tip funkcije koji ne sadrži ni jedan parametar i koristi se veoma retko.
- Tip II – Funkcija oblika U sadrži samo prag indiferentnosti.
- Tip III – Funkcija oblika V sadrži samo prag značaja preference. Razlikuje se od prethodne jer je preferenca definisana kao proporcionalno odstupanje alternativa u zoni vrednosti od 0 do lml .
- Tip IV – Funkcija oblika nivoa sadrži pragove indiferentnosti n i značaja preference m .
- Tip V – Funkcija linearnog oblika sadrži pragove indiferentnosti n i značaja preference m i proporcionalna je odstupanju alternativa u intervalu od $-n - m$ do $+n + m$.
- Tip VI – Gausova funkcija sadrži samo Gausov prag značaja σ i ređe se koristi.

Tip funkcije	Funkcija	Grafik	Parametri
I Standardna ili obična (Usual shape)	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$		-
II U oblik (U-shape)	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ 1, & x > m \end{cases}$		m
III Linearna V (V-shape)	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{x}{n}, & 0 \leq x \leq n \\ 1, & x > n \end{cases}$		n
IV Nivo oblik (Level-shape)	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ \frac{1}{2}, & m < x < n \\ 1, & x \geq n \end{cases}$		m, n
V Linearna V sa segmentom indiferentnosti (V-shape with indifference)	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ \frac{x-m}{n-m}, & m < x \leq n \\ 1, & x > n \end{cases}$		m, n
VI Gaus (Gaussian preference)	$P(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1 - \exp(-\frac{x^2}{2\sigma^2}), & x \geq 0 \end{cases}$		σ

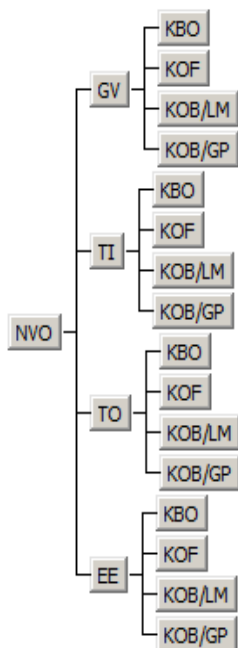
Slika 2. Tipovi funkcija preference
Figure 2. Types of preference function

U datim funkcijama parametar n predstavlja najmanje odstupanje dve ocenjivane alternative koje treba smatrati značajnim. Parametar m predstavlja najveće odstupanje između dve ocenjivane alternative, koje treba smatrati neznatnim. Parametar σ je Gausov prag značajnosti i predstavlja odstupanje između dve ocenjivane alternative koje se smatra srednjim stepenom preference [1].

Do sada je razvijeno više varijanti ovog metoda, a u radu se koriste najpoznatije dve: PROMETHEE I i PROMETHEE II.

DEFINISANJE PROBLEMA

Za identifikaciju najpovoljnije varijante oblaganja kanala za navodnjavanje „Kula - Mali Idoš“ izvršeno je vrednovanje nekoliko varijanti (alternativa) oblaganja. Kriterijumi na osnovu kojih su vršena vrednovanja su: gubici vode (GV), troškovi izgradnje (TI), troškovi održavanja (TO) i ekološki efekti (EE). Tretirane su sledeće varijante oblaganja: kanal bez obloge (KBO), kanal obložen vodnonepropusnom folijom (KOF), kanal obložen betonom - livenim na licu mesta (KOB/LM) i kanal obložen betonom - gotove ploče (KOB/GP). Problem ima jasnu hijerarhijsku strukturu prikazanu na Slici 3.



Slika 3. Hijerarhija problema odlučivanja
Figure 3. Hierarchy of the decision making problem

Za prva tri kriterijuma izračunate su realne vrednosti svakog alternativnog rešenja, dok je ocena alternativa u odnosu na četvrti kriterijum (ekološki efekti) vršena kvalitativno, prema skali 1-10 (1-najgora; 10-najbolja).

REŠENJE PROBLEMA I DISKUSIJA

U prvom koraku vrednovani su kriterijumi u odnosu na cilj i formirana je AHP matrica poređenja (Tabela 2), korišćenjem Satijeve skale vrednosti (Tabela 1). Iz date matrice dobijene su težine kriterijuma, koje su prikazane u Tabeli 3. i iznose: $w_1=0,5535$ (GV), $w_2=0,2253$ (TI), $w_3=0,1503$ (TO), $w_4=0,0709$ (EE).

Tabela 2. AHP matrica poređenja za kriterijume
Table 2. AHP comparison matrix for criteria

	GV	TI	TO	EE
GV		4	4	5
TI			2	4
TO				3
EE				

Matrica rejtinga alternativa prema kriterijumima prikazana je kao Tabela 3. Za prva tri kriterijuma korišćene su računске vrednosti alternativa, a za četvrti kriterijum kvalitet alternativa vrednovan je sa usvojene skale 1-10 (1-najgora; 10-najbolja). Pre primene metoda PROMETHEE za svaki kriterijum usvojena je funkcija preference prema Slici 2., kao i pripadajuće vrednosti parametara, što je prikazano u Tabeli 4.

Tabela 3. Matrica odlučivanja za metod PROMETHEE sa težinama kriterijuma iz metoda AHP
Table 3. Decision matrix for PROMETHEE method with criteria weights from AHP method

Alternative	KRITERIJUMI			
	K1: GV(10 ⁶ m ³)	K2: TI(10 ⁸ din)	K3: TO(10 ⁶ din)	K4: EE(skala)
	min	min	min	max
	$w_1=0,5535$	$w_2=0,2253$	$w_3=0,1503$	$w_4=0,0709$
A1: KBO	2,1	0,38	2,95	4,00
A2: KOF	0,77	0,62	2,73	3,00
A3: KOB/LM	0,78	1,63	2,77	2,00
A4: KOB/GP	0,78	1,83	2,77	2,00

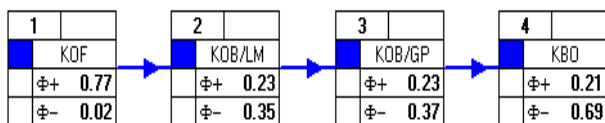
Za prvi kriterijum (gubici vode GV) korišćena je funkcija preference V oblika (tip III). Prag značaja preference (n) je 0.01. Za drugi (troškovi izgradnje TI) i treći kriterijum (troškovi održavanja TO) upotrebljena je funkcija preference linearnog tipa (tip V). Prag indiferentnosti (m) i prag značaja preference (n) su u slučaju drugog kriterijuma $m=0,23$ $n= 1,40$. Dok je u slučaju trećeg kriterijuma $m=0,03$ $n= 0,21$. Za četvrti kriterijum korišćena je obična funkcija preference (tip I).

Tabela 4. Izabrane funkcije preference
Table 4. Chosen preference function

	K1: GV(10^6 m ³)	K2: TI(10^9 din)	K3: TO(10^6 din)	K4: EE(skala)
Tip funkcije preference	III	V	V	I
m	-	0,23	0,03	-
n	0,01	1,40	0,21	-

Delimično rangiranje alternativa pomoću PROMETHEE I (Slika 4), pokazalo je da najbolji rang ima alternativa Kanal obložen folijom (A2). PROMETHEE II izvršio je kompletno rangiranje alternativa (Slika 5). Izlazni podaci prezentovani su u obliku prozora rangova, a dobijeni su pomoću softvera Decision Lab 2000.

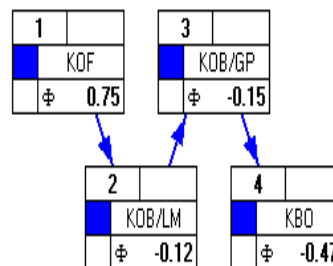
Sa Slike 5. se može videti da je dobijen sledeći rang alternativa: Na prvom mestu je kanal obložen livenim (0,75), na drugom kanal obložen betonom livenim na licu mesta (-0,12), na trećem kanal obložen betonskim gotovim pločama (-0,15) i na poslednjem mestu je kanal bez obloge (-0,47).



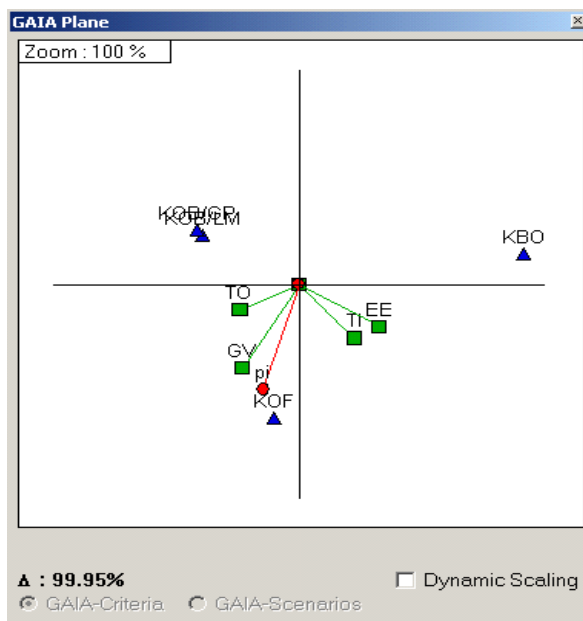
Slika 4. Parcijalno rangiranje alternativa (PROMETHEE I)
Figure 4. Partial ranking of alternatives (PROMETHEE I)

Kada se rezultati uporede sa ranijim istraživanjima [4], može se zaključiti da je dobijen isti rang alternativa primenom samo AHP [4] i kombinovanom primenom AHP i PROMETHEE metoda.

Decision Lab 2000 omogućava prikaz rezultata i pomoću GAIA ravni (slika 6). Gde „pi“ osa odluke predstavlja vaganje kriterijuma i pokazuje kompromis koji odgovara trenutnim težinama. Vrednost Δ meri kvalitet GAIA prikaza i iznosi 99,95%.



Slika 5. Kompletno rangiranje alternativa (PROMETHEE II)
Figure 5. Complete ranking of alternatives (PROMETHEE II)



Slika 6. GAIA prikaz
Figure 6. GAIA

ZAKLJUČAK

Metodi višekriterijumske analize postali su nezaobilazni alat u planiranju i upravljanju u vodoprivredi. U procesu donošenja odluka gde se vrši vrednovanje alternativa koje zadovoljavaju određeni skup kriterijuma, uloga

donosioca odluka je da pravilno struktuirati problemsku situaciju i dovesti je do nivoa kad se predmetni zadatak rešava matematičkim putem. Dobijena rešenja retko su optimalna, već su to tzv. kompromisna rešenja koja najviše zadovoljavaju date kriterijume. U ovom složenom procesu jedan od važnih zadataka donosioca odluke je i izbor najprikladnijeg metoda višekriterijumske analize za određeni problem odlučivanja.

U radu je kanal „Kula - Mali Idoš“ uzet kao model za višekriterijumsku analizu i izvođenje naučnog eksperimenta u kome je demonstrirana kombinovana primena metoda AHP i PROMETHEE.

Vršen je izbor između više potencijalnih varijanti oblaganja kanala za navodnjavanje, a dobijeno je kompromisno rešenje da je najbolja varijanta da se kanal obloži folijom, na drugom mestu je rešenje da se kanal obloži betonom livenim na licu mesta, treće rangirano rešenje je kanal obložen betonskim gotovim pločama i poslednje rangirano rešenje je kanal bez obloge.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj 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.

LITERATURA

- [1] Bajčetić R., Srđević B. (2007) Višekriterijumska analiza varijanti rekonstrukcije regionalnog vodozahvatnog sistema metodom PROMETHEE, *Vodoprivreda*, 39(4), 149-162.
- [2] Brans, J. P., B. Mareschal, and Ph. Vincke (1984) PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis. *In Operational research 1984*, edited by J. P.Brans. Amsterdam: Elsevier.
- [3] Decision Lab 2000 softver
- [4] Draginčić J., Srđević Z., Srđević B. (2011) Višekriterijumsko vrednovanje varijanti oblaganja kanala za navodnjavanje, *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 35(1), 119-126.
- [5] Macharis C., Springael J., De Brucker K., Verbeke A. (2004) PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. *Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. European Journal of Operational Research* 153, 307-317.
- [6] Saaty T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- [7] Srdjevic B. (2005) Combining different prioritization methods in AHP synthesis, *Computers & Operations Research*, 32(7), 1897 – 1919, Elsevier.

COMBINING AHP AND PROMETHEE METHODS IN CHOOSING THE MOST SUITABLE SOLUTION FOR IRRIGATION CANAL LINING

by

Jovana DRAGINCIC, Veroljub MARKOVIC
University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Water Management
E-mail: jovanad@polj.uns.ac.rs

Summary

In practice, a number of multicriteria analysis methods are often used or combined in order to be more suitable to the decision problem. In this paper canal Kula-Mali Idjos in AP Vojvodina is the decision model for the scientific experiment where AHP and PROMETHEE

multicriteria methods are combined in order to choose the best alternative of irrigation canal lining.

Key words: AHP, PROMETHEE, irrigation canal lining

Redigovano 26.11.2013.