

VIŠEKRITERIJUMSKO VREDNOVANJE VARIJANTI OBLAGANJA KANALA ZA NAVODNJAVANJE

Jovana Draginčić, Zorica Srđević, Bojan Srđević¹

REZIME

U ovom radu je na praktičnom primeru ocene različitih varijanti oblaganja kanala za navodnjavanje ilustrovana primenljivost analitičkog hijerarhijskog procesa u problemima kada ne postoji strogo optimalno rešenje koje zadovoljava sve kriterijume. U cilju identifikovanja najpovoljnije varijante oblaganja kanala za navodnjavanje „Kula - Mali Idoš“, vrednovane su četiri varijante (kanal bez obloge, kanal obložen folijom, kanal obložen betonom livenim na licu mesta i kanal obložen betonskim gotovim pločama) u odnosu na četiri kriterijuma (gubici vode, troškovi izgradnje, troškovi održavanja i ekološki efekti). Rezultati dobijeni na osnovu realnih podataka ukazuju da je najbolje rangirana varijanta oblaganje kanala folijom.

Ključne reči: Višekriterijumska analiza, AHP, oblaganje kanala za navodnjavanje

UVOD

Od kada je Sati (Saaty, 1980) predstavio analitički hijerarhijski proces, metod je prihvaćen od strane naučne i stručne javnosti u celom svetu i danas je najkorišćeniji metod za rešavanje kompleksnih problema donošenja odluka u različitim oblastima (alokacija, upravljanje, održivi razvoj, strateško planiranje, itd.) U ovom radu, pomoću AHP metoda tretiran je sledeći problem planiranja: vrednovati različite varijante oblaganja kanala za navodnjavanje u Vojvodini na konkretnom primeru kanala „Kula - Mali Idoš“. Ocena je vršena na osnovu izračunatih realnih vrednosti kriterijuma (gubici vode, troškovi izgradnje i troškovi održavanja) za svaku od predloženih alternativa, dok je kriterijum ekološki efekti kvalitativno procenjen. Iako se u ovom radu ne ulazi dublje u problematiku oblaganja kanala za navodnjavanje, dat je uvid u osnovne podatke koji su uzeti u obzir pri vrednovanju.

¹ Dipl inž.-master Jovana Draginčić; dr Zorica Srđević, docent; dr Bojan Srđević, red. prof., Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad.

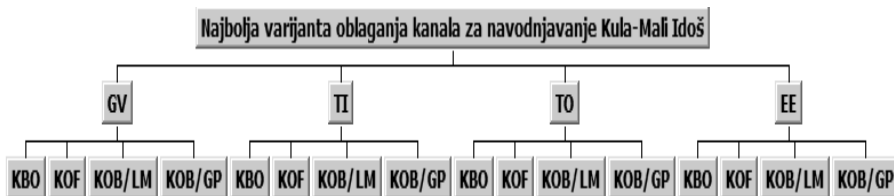
DEFINISANJE PROBLEMA

Osnovna namena podsistema „Kula - Mali Idoš“, koji se nalazi u sklopu Regionalnog sistema za snabdevanje vodom severne Bačke, je obezbeđenje dovoljne količine vode za navodnjavanje svim korisnicima sa područja na kom gravitira podsistem. Izgradnja prve faze regionalnog podsistema, sa prekidima, trajala je do juna 2004. godine kada je izvršen tehnički prijem objekata u I fazi. Kako u ovoj fazi usled tehničko-ekonomskih razloga nije izvršeno oblaganje kanala, komisija za tehnički prijem je ukazala investitoru na potrebu stalnog praćenja stanja stabilnosti kosina i gubitaka vode na infiltraciju. Naime, teren na kome leži crpna stanica i kanal je lesna terasa, koja je veoma nepovoljna sredina u procesu eksploatacije kanala zbog svoje karakteristične strukture i poroznosti. Voda svojim hemijskim i hidrostatičkim dejstvom ima tendenciju da razara primarnu strukturu površine zone lesa, te ista prelazi u tečni mulj vrlo male unutrašnje čvrstoće. Iz tog razloga neophodno je bilo zaštititi dno i kosine kanala kako bi se ograničilo curenje vode i sprečilo plavljenje zemljišta.

Pored problema vezanih za gubitke vode, izbor varijante oblaganje je značajan i zbog uticaja na životinjski svet oko kanala. Oblaganje kanala plastičnim ili drugim materijalima često dovodi do utapanja jedinki raznih vrsta divljači i domaćih životinja. Da bi se to izbeglo, postavljaju se penjalice ili betonska stepeništa za životinje koje slučajno upadnu u kanal i zbog klizave folije ne mogu da izađu. Takođe, kanali se ograđuju visokom zaštitnom ogradom sa obe strane, postavljaju se farmerska pletiva i grade nadzemni prelazi. Međutim time se fragmentira stanište mnogih divljih životinja koje ne mogu da pređu sa jedne na drugu teritoriju. Istraživanja koja se tiču ove problematike sprovedena su od strane stručnjaka (Gačić, 2010).

U predlogu novog Zakona o divljači i lovstvu Republike Srbije (nacrt zakona), između ostalog, nalazi se i rešenje pitanja šteta na divljači tako što se propisuju određene zabrane (član 22.), uključujući zabranu oblaganja otvorenih kanala, akumulacija, jezera i obala vodotoka plastičnim i drugim materijalima, osim na način propisan aktom koji donosi ministar nadležan za poslove lovstva, a kojim se bliže propisuju mere za sprečavanje štete na divljači. U vezi sa tim, rezultati koji su dobijeni tokom monitoringa već obloženih kanala, uz iskustva iz drugih država (npr. Češka, Holandija, Danska), mogu da se upotrebe prilikom definisanja načina na koji će biti dozvoljeno da se oblažu kanali za navodnjavanje plastičnim i drugim materijalima na teritoriji Vojvodine (Gačić, 2010).

U cilju identifikovanja najpovoljnije varijante oblaganja kanala za navodnjavanje „Kula - Mali Idoš“, u radu je izvršeno vrednovanje različitih varijanti (alternativa) oblaganja kanala. Kriterijumi na osnovu kojih se može izvesti zaključak o najboljoj varijanti odnosno rešenju oblaganja kanala jesu: Gubici vode (GV), Troškovi izgradnje (TI), Troškovi održavanja (TO) i Ekološki efekti (EE). U okviru kriterijuma TI uzeti su u obzir i troškovi mera za sprečavanje štete na divljači. Analiziraju se sledeće varijante oblaganja kanala: Kanal bez obloge (KBO), Kanal obložen vodnonepropusnom folijom od polietilena (KOF), Kanal obložen betonom - livenim na licu mesta (KOB/LM) i Kanal obložen betonom - gotove ploče (KOB/GP). Definisani problem ima jasnu hijerarhijsku strukturu prikazanu na slici 1.



Slika 1. Hijerarhija problema odlučivanja
Figure 1. Hierarchy of the decision making problem

METOD REŠAVANJA PROBLEMA

AHP metodologija podrazumeva formiranje hijerarhije problema odlučivanja, gde se cilj nalazi na vrhu, ispod su kriterijumi, a na dnu su alternative. Kriterijumi se u parovima vrednuju u odnosu na cilj, a zatim i alternative u odnosu na svaki kriterijum. To znači da se vrednovanja vrše poređenjem u parovima svih elemenata na istom nivou hijerarhije u odnosu na elemente na višem nivou. Svakom poređenju dodeljuju se numeričke vrednosti sa Satijeve skale relativnog značaja, Tabela 1.

Tabela 1. Satijeva skala relativnog značaja

Table 1. Saaty'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)

Rezultati poređenja elemenata na datom nivou hijerarhije smeštaju se u odgovarajuću matricu A. Pod pretpostavkom da se međusobno poredi n elemenata u odnosu na odgovarajući element na višem nivou hijerarhije, tada se pri poređenju elementa i u odnosu na element j numerički koeficijent a_{ij} smešta na odgovarajuću poziciju u matrici A:

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

Predloženi su različiti metodi da se iz matrice A ekstrahuju vrednosti vektora težinskih koeficijenata $w^T = \{w_1, \dots, w_n\}$ koje, kada se uvrste u matricu X, daju najbolju aproksimaciju $A \sim X$. Postupak ekstrakcije se naziva prioritizacija, a metod kojim se to čini naziva se prioritizacioni metod (Srđević i Srđević, 2005). U ovom radu korišćen je metod sopstvene vrednosti koji je predložio Tomas Saaty (1980). Da bi se odredio vektor w , linearni sistem

$$Aw = \lambda w, \quad e^T w = 1$$

rešava se tako da se dobije maksimalna sopstvena vrednost A. Ako je donosilac odluke konzistentan, tada je $\lambda = n$. U suprotnom, $\lambda > n$. Maksimalna sopstvena vrednost za nekonzistentnu matricu može se oceniti uzastopnim kvadriranjem matrice, normalizujući sumu vrsta svaki put i prekidanjem procedure kada je razlika između normalizovanih suma u dva uzastopna računanja manja od očekivane vrednosti (Srđević i Kolarov, 2005).

U poslednjem koraku analitičkog hijerarhijskog procesa vrši se sinteza koja se sastoji u sabiranju proizvoda parcijalnih težinskih koeficijenata alternativa i težinskih koeficijenata pripadajućih kriterijuma. Kao konačni rezultat dobijaju se kompozitni vektori težinskih koeficijenata alternativa.

REŠENJE PROBLEMA I DISKUSIJA

U prvom koraku se, korišćenjem Satijeve skale (Tabela 1), vrši poređenje u parovima kriterijuma Gubici vode (GV), Troškovi izgradnje (TI), Troškovi održavanja (TO) i Ekološki efekti (EE) u odnosu na cilj, na osnovu čega je formirana matrica poređenja za kriterijume (Tabela 2).

Zatim su na isti način, korišćenjem Satijeve skale i u parovima, poređene alternative u odnosu na svaki kriterijum (Tabela 3). Ova vrednovanja vršena su imajući u vidu predhodno izračunate kvantitativne vrednosti alternativa za kriterijume gubici vode, troškovi izgradnje i troškovi održavanja; ekološki efekti alternativa ocenjeni su kvalitativno.

Tabela 2. Matrica poređenja za kriterijume*Table 2. Comparison matrix for the criteria*

	GV	TI	TO	EE
GV	1.0000	4.0000	4.0000	5.0000
TI	0.2500	1.0000	2.0000	4.0000
TO	0.2500	0.5000	1.0000	3.0000
EE	0.2000	0.2500	0.3333	1.0000

Tabela 3. Matrice poređenja za alternative*Table 3. Comparison matrices for the alternatives*

K1	KBO	KOF	KOB/ LM	KOB/ GP
KBO	1.0000	0.2000	0.2000	0.2000
KOF	5.0000	1.0000	2.0000	2.0000
KOB/ LM	5.0000	0.5000	1.0000	1.0000
KOB/ GP	5.0000	0.5000	1.0000	1.0000

K2	KBO	KOF	KOB/ LM	KOB/ GP
KBO	1.0000	2.0000	4.0000	5.0000
KOF	0.5000	1.0000	2.0000	3.0000
KOB/ LM	0.2500	0.5000	1.0000	1.0000
KOB/ GP	0.2000	0.3333	1.0000	1.0000

K3	KBO	KOF	KOB/ LM	KOB/ GP
KBO	1.0000	0.2500	0.3333	0.3333
KOF	4.0000	1.0000	2.0000	2.0000
KOB/ LM	3.0000	0.5000	1.0000	1.0000
KOB/ GP	3.0000	0.5000	1.0000	1.0000

K4	KBO	KOF	KOB/ LM	KOB/ GP
KBO	1.0000	3.0000	3.0000	3.0000
KOF	0.3333	1.0000	2.0000	2.0000
KOB/ LM	0.3333	0.5000	1.0000	1.0000
KOB/ GP	0.3333	0.5000	1.0000	1.0000

Vektori prioriteta za svaku matricu određeni su pomoću metoda sopstvene vrednosti. U tabeli 4. prikazani su vektori prioriteta za kriterijume, a u tabeli 5. vektori prioriteta za alternative.

Tabela 4. Vektori prioriteta za kriterijume*Table 4. Priority vector of the criteria*

	Vektori prioriteta za kriterijume
GV	0.567
TI	0.221
TO	0.144
EE	0.068

Tabela 5. Vektori prioriteta za alternative*Table 5. Priority vector of the alternatives*

Vektori prioriteta za alternative po kriterijumima	GV	TI	TO	EE
KBO	0.061	0.509	0.089	0.495
KOF	0.432	0.267	0.434	0.232
KOB/LM	0.254	0.121	0.239	0.136
KOB/GP	0.254	0.103	0.239	0.136

Množenjem vektora prioriteta određenog kriterijuma sa vrednostima vektora prioriteta alternativa u odnosu na dati kriterijum dobijeni su konačni vektori prioriteta alternativa u odnosu na cilj (Tabela 6).

Tabela 6. Konačni vektori prioriteta alternativa*Table 6. Final priority vectors of the alternatives*

	Konačni vektor prioriteta
KBO	0.180
KOF	0.387
KOB/LM	0.218
KOB/GP	0.215

Alternativa sa najvećim težinskim koeficijentom je oblaganje kanala folijom (KOF) i time predstavlja, u odnosu na date kriterijume, najbolju alternativu oblaganja kanala za navodnjavanje „Kula - Mali Idoš“. Na drugom mestu je oblaganje kanala betonom livenim na licu mesta (KOB/LM), dok se na trećem mestu nalazi alternativa oblaganje kanala betonom-gotovim pločama (KOB/GP). Najlošija alternativa u odnosu na definisane kriterijume je neobložen kanal (KBO).

ZAKLJUČAK

Zemljani kanali imaju male troškove izgradnje, ali imaju brojne nedostatke: maksimum brzine je ograničen, infiltracija vode u zemljište, mogućnost rasta vegetacije na obalama (koji vode do povećanog trenja), mogućnost narušavanja obale erozijom i zahtevno održavanje. Svi ovi razlozi dovode do toga da se kanali oblažu, a najvažniji je da se smanje gubici vode putem infiltracije u zemljište. Zavisno od načina oblaganja, ovo curenje vode može da bude smanjeno i do 25%.

Najčešće korišćeni tipovi materijala za oblaganje su: beton, betonski blokovi, zidana cigla ili kamen, sabijena glina, plastika i tome slično. Izbor materijala za oblaganje primarno zavisi od lokalnih troškova, dostupnosti materijala i stručnog znanja donosioca odluke (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai585e/ai585e04.pdf>).

Višekriterijumskim vrednovanjem varijanti oblaganja kanala za navodnjavanje „Kula - Mali Idoš“, u odnosu na izabrane kriterijume (gubici vode, troškovi izgradnje, troškovi održavanja, ekološki efekti) i sa realnim podacima, pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa dobijeno je da je najbolje rangirana varijanta oblaganje kanala folijom. Na drugom mestu je varijanta oblaganje kanala betonom livenim na licu mesta, na trećem mestu varijanta oblaganje kanala betonskim gotovim pločama, a na poslednjem varijanta neobložen kanal.

U komunikaciji sa stručnjacima iz JVP Vode Vojvodine, zaključeno je da primena AHP-a može značajno da pomogne donosiocu da bolje shvati problem kojim se bavi, da ga bolje definiše i shodno tome da donese bolju odluku.

LITERATURA

1. Forman H. E., Gass I. S. (2001): *The Analytic Hierarchy Process - An Exposition*, Operations Research, 2001. 49 (4) 469-486, The Institute for Operations Research and the Management Sciences, Hanover, USA.
2. Gačić D. (2010): *Monitoring obloženih kanala za navodnjavanje u poljskim lovištima Vojvodine. Završni izveštaj – pripremljen za JVP Vode Vojvodine, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.*
3. Saaty T. L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
4. Srđević B., Kolarov V. (2005): *Varijantna AHP vrednovanja dispozicija crpnih stanica na slivnom području. Vodoprivreda 37 (216-218), 203-214.*
5. Srđević B., Srđević Z. (2004): *Vrednovanje kriterijuma i strategija korišćenja regionalnog hidrosistema "Nadela" pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa. studija radena za JVP Vode Vojvodine, Novi Sad.*
Internet izvori:
6. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai585e/ai585e04.pdf>

MULTICRITERIA EVALUATION OF IRRIGATION CANAL LINING VARIANTS

by

Jovana Draginčić, Zorica Srđević, Bojan Srđević

SUMMARY

This paper illustrates the usability of analytical hierarchy process in problems when there is no strictly optimal solution which satisfies all the criteria. AHP is applied on a real case example of evaluation of different variants of Kula-Mali Idjos irrigation canal lining. In order to identify the most convenient variant of canal lining, four alternative variants were evaluated (earth lining, PVC canal lining, in situ concrete canal lining, concrete panel lining) across the four criteria (water loss, costs of construction, costs of maintenance and ecological effects). Given results, obtained using the real data, indicates that PVC canal lining should be considered as best Kula-Mali Idjos canal lining option.

Key words: Multi-criteria analysis, AHP, lining irrigation canals

Primljeno: 20.10.2011.

Prihvaćeno: 28.10.2011.