

VEŽBA 8: IZBOR OBJEKATA U SASTAVU INTEGRALNOG MELIORACIONOG SISTEMA

Izgradnja integralnog melioracionog sistema obuhvata sve mere i korišćenje voda jednog vodotoka tj. kompleksne vodoprivredne mere.

Investicije za izgradnju integralnih melioracionih sistema mogu biti globalno određene planom razvoja užeg ili šireg regiona kao i tehničkom dokumentacijom. Pri tome se postavlja problem utvrđivanja ekonomski optimalnih ulaganja za izgradnju sistema u celini kao i izbor optimalnih ulaganja za pojedine objekte tog sistema. Ukoliko se ne izvrši optimalni izbor ulaganja, nerealno utvrđene investicije za pojedine objekte mogu dovesti u pitanje ekonomsku opravdanost poduhvata u celini. Ekonomski izbor investicija treba da posluži kao osnova za plansku orijentaciju izgradnje krupnih vodoprivrednih zahvata.

Integracioni melioracioni sistem može da obuhvati veliki broj različitih objekata i radova:

1. Antierozione i bujičarske radove
2. Akumulacije
3. Regulacione radove
4. Sistem za odvodnjavanje
5. Sistem za navodnjavanje
6. Agromere
7. Ribarstvo
8. Objekti rekreacije
9. Elektroenergetska mreža i postrojenja

Ako je mali broj objekata onda sagledavanje ekonomske efektivnosti raspodele investicija može da se izvede neposrednim upoređenjem predračunskih vrednosti tehničkih varijanti pojedinih objekata. Ukoliko je u pitanju veći broj objekata takav način rada nije efikasan.

Primer:

Integralni sistem sadrži sve gore nabrojane objekte i za svaki od njih postoje mogućnosti izrade niz varijanti tehničkih rešenja. Za ekonomski izbor optimalne kombinacije objekata potrebno je upotrebiti sve te varijante, za šta je potrebno vreme i obiman račun. Pod uslovom da se taj račun i izvede uz korišćenje niza ekonomskih veličina koje služe za upoređenje, nema dokaza da je ta izabrana varijanta istovremeno i ekonomski optimalna.

Ovakvi problemi se lakše i ekonomski efikasno rešavaju primenom metoda linearnog programiranja. Ova metoda predstavlja iteracioni postupak za dobijanje konačnog rešenja a primenjuje se u svetskoj ekonomskoj literaturi i praksi za rešavanje ekonomskih problema iz različitih oblasti privrede.

Za primenu ove metode važno je:

- a) izabrati ekonomsku veličinu kao funkciju koja se optimizira a koja daje najjasniju sliku optimizacije za rešenje koje se traži.
- b) tačno i iscrpno formulisati ograničavajuće uslove.

Ove veličine definišemo u matematičkom modelu.

Matematički model

Matematički model sastoji se iz:

- funkcije koja se optimizira
- sistema jednačina i nejednačina koje sadrže ograničavajuće uslove optimizacije
- uslova nenegativnosti

Prema tome, matematički model je formiran kada je navedeni sistem jednačina formulisani.

Izbor ekonomske veličine koja se optimizira i formulacija osnovne funkcije

Funkcija koja se maksimizira treba da izražava ekonomsku efektivnost ulaganja tj. da pokaže kakav se efekat može očekivati od

uloženog kapitala. Za maksimizaciju se mogu koristiti ukupan prihod, dohodak, neto-prihod i dr.

Mi ćemo maksimizirati dohodak kao novostvorenu vrednost u procesu proizvodnje na bazi uloženi sredstava za ceo eksplotacioni period ulaganja.

Prema tome funkcija kriterijuma glasi:

$$(\max)D=d_1I_1+ d_2I_2 + \dots+ d_nI_n \quad (1)$$

gde je:

D – godišnja vrednost dohotka integralnog sistema, koja se maksimizira;

d_i – godišnja vrednost dohotka na svaki dinar uloženi investicija, a prema vrsti objekata;

I_i – deo investicija koji treba uložiti za odgovarajući objekat;

Prema tome je:

$$\sum_{i=1}^n I_i = I_o \quad (2)$$

ukupna vrednost raspoloživih investicija čija se raspodela na objekte integralnog skupa traži

U osnovnoj funkciji (jed. (1)) gde je d_i konstantni koeficijent a I_i nepoznate nezavisno promenjive čija se optimalna kombinacija traži.

Ograničavajući uslovi:

Za optimalizaciju ove funkcije potrebno je formirati ograničavajuće uslove. Najveći uticaj na dohodak koji se očekuje imaju sledeći uslovi:

1. Gornja granica raspoloživih investicionih sredstava, ukoliko takvo ograničenje postoji;
2. Minimalno potrebna vrednost investicija za ostvarenje tehničkog rešenja izvesnih ključnih objekata integralnog melioracionog sistema;
3. Realna vrednost gornje granice investicija za izvesne objekte integralnog melioracionog sistema;

4. Uticaj učešća pojedinih objekata u ukupnoj vrednosti godišnjih troškova sistema tj. godišnji troškovi sistema utvrđeni kao funkcija pojedinih investicija;
5. Participacijom drugih privrednih grana u izgradnji nekih od objekata sistema smanjuju se investicije koje treba da obezbedi vodoprivreda za te objekte.

Za svaki od nabrojanih ograničenja potrebno je dati obrazloženje njegovog uticaja na dohodak kao i njegov matematički izraz.

1. Gornja granica raspoloživih sredstava

Prvi uslov je ukupno raspoloživa suma investicija odnosno njihova gornja granica. Pretpostavljamo da su ove investicije globalno utvrđene planom, a na osnovu prethodne raspodele investicija koje su planskim proporcijama utvrđene za pojedine privredne grane. Ovaj uslov postoji radi samog zadatka a i radi toga što se ne mogu pretpostaviti bilo koje investicije, već ona suma investicija koja je realna i optimalna u odnosu na druge grane privrede (takvu analizu pretpostavljamo kao prethodnu).

Prema tome prvi ograničavajući uslov glasi:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n < I_0$$

gde je:

$I_1, I_2, I_3 + \dots I_n$ – raspodela investicija koja se traži

I_0 – orijentaciona vrednost ukupno raspoloživih investicija

2. Minimalno potrebna vrednost investicija za ostvarenje tehničkog rešenja

Objekti koji predstavljaju osnovni uslov za funkcionisanje sistema, kao što su:

- Akumulacioni bazen
- Objekti za navodnjavanje
- Objekti za odvodnjavanje

uslovljavaju donju granicu potrebnih investicija da bi bili tehnički izvodljivi.

U ovom modelu je pretpostavljeno da su melioracije zemljišta primaran problem:

Prema tome, prva grupa ograničavajućih uslova će glasiti:

$$\begin{aligned} I_i &> I_{ab} \\ I_{i+1} &> I_{od} \\ I_{1+2} &> I_{nav} \end{aligned}$$

gde je:

I_{ab} – donja granica potrebnih investicija za akumulacioni bazen

I_{od} – donja granica potrebnih investicija za odvodnjavanje

I_{nav} – donja granica potrebnih investicija za navodnjavanje

3. Realna vrednost gornje granice investicija za neke objekte

Izvesni objekti koji ne predstavljaju uslov za funkcionisanje integralnog melioracionog sistema ograničavaju se u pogledu investicija za njihovu izgradnju na određenu gornju granicu. U našem modelu ti objekti su:

- Ribarstvo
- Rekreacija

Prema tome, ovi uslovi glase:

$$\begin{aligned} I_i &< I_{ri} \\ I_{i+1} &< I_{re} \end{aligned}$$

4. Uticaj učešća pojedinih objekata u ukupnoj vrednosti godišnjih troškova sistema

Godišnji troškovi eksploatacije sistema su funkcija investicija i dele se na stalne i promenjive.

U stalne troškove eksploatacije spadaju:

- Amoritizacija
- Lični dohoci osoblja stalno zaposlenog na sistemu
- Troškovi uprave sistema
- Osiguranje objekata i opreme
- Investiciono održavanje
- Anuiteti

U varijabilne (promenjive) troškove spadaju:

- Tekuće održavanje objekata i opreme
- Utrošak elektroenergije
- Utrošak goriva i maziva
- Lični dohoci povremeno zaposlenog osoblja na sistemu
- Ostali troškovi

Ovakvo formiranje troškova eksploatacije se odnosi na integralni melioracioni sistem u celini. Za pojedine objekte sistema javljaju se samo neki od njih (na primer kod akumulacija samo stalni troškovi, kod navodnjavanja stalni i promenjivi itd).

Stalne troškove eksploatacije tretiraćemo kao troškove čiji je godišnji iznos nepromenljiv u toku celog perioda eksploatacije. Ukupna godišnja vrednost tih troškova je:

$$T_{\text{egod}} = T_{\text{stal}}$$

Promenjivi deo troškova u bilo kojoj godini iznosi:

$$T_{\text{epr}} = T_1 + (n-1)d_t$$

jer se pretpostavlja porast ovih troškova približno po aritmetičkoj progresiji. U ovoj jednačini T_1 je početna vrednost promenljivih troškova (u prvoj godini). Porast ovih troškova nije linearan odmah u prvoj godini, međutim, zbog računa je tako usvojen. To u suštini ne menja stvar, jer se sa vrlo malom izmenom algebarske razlike troškova (d_t) može da izravna ova netačnost, tako da se i zbir troškova za ceo eksploatacioni period kao i poslednji član toga niza zadrže nepromenjeni.

Prema tome, ukupni eksploatacioni troškovi u jednoj godini iznose:

$$T_e = T_{\text{st}} + T_{\text{pr}}$$

Kada se ti troškovi odrede za svaki objekt posebno, imaćemo:

$$T_{e1} + T_{e2} + T_{e3} + \dots + T_{en} = T_e$$

Prema tome, ograničavajući uslov, vezan za troškove eksploatacije, glasi:

$$t_{e1}I_1 + t_{e2}I_2 + \dots + t_{en}I_n < T_e$$

gde su:

$t_{e1}, t_{e2}, \dots, t_{en}$ – pretpostavljeni godišnji troškovi po objektu i po svakom dinaru uloženi u investiciju za taj objekat. Pri tom ove troškove usvajamo kao prosečne veličine uz ograničenje da će se stvarni troškovi eksploatacije za pojedine objekte integralnog skupa nesumnjivo razlikovati.

Uslovi nenegativnosti

U našem modelu je reč o ekonomskim veličinama koje ne mogu biti negativne, te za sve veličine koje se ispituju važi uslov nenegativnosti:

$$I_i \geq 0$$

gde je:
 $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Prema dosadašnjem kompletan matematički problem za opšti slučaj izgleda:

Funkcija kriterijuma:

$$(\max) D = d_1 I_1 + d_2 I_2 + \dots + d_n I_n$$

Raspoloživa sredstva:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n < I_0$$

Realno tehničko rešenje:

$$\begin{aligned} I_i &> I_{ab} \\ I_{i+1} &> I_{od} \\ I_{1+2} &> I_{nv} \end{aligned}$$

Godišnji eksploatacioni troškovi:

$$t_{e1}I_1 + t_{e2}I_2 + \dots + t_{en}I_n < T_e$$

Ograničenje investicionih ulaganja:

$$I_j < I_{ri}$$

Za neke objekte:

$$I_{j+1} < I_{re}$$

Uslov nenegativnosti:

$$I_i \geq 0$$

Tako na primer za napred navedeni slučaj sistema od devet objekata, može pod izvesnim uslovima model da glasi:

Funkcija kriterijuma:

$$(\max)D = d_1I_1 + d_2I_2 + \dots + d_9I_9$$

Ograničavajući uslovi:

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_9 &< I_0 \\ I_2 &> I_{ab} \\ I_4 &> I_{od} \\ I_5 &> I_{nv} \\ t_{e1}I_1 + t_{e2}I_2 + \dots + t_{e9}I_9 &< T_e \\ I_7 &< I_{ri} \\ I_8 &< I_{re} \end{aligned}$$

Uslov nenegativnosti:

$$I_i \geq 0$$

gde je:

$$i = 1, 2, 3, \dots, 9$$

Na osnovu postavljene funkcije koja se optimizira i ograničavajućih uslova koji utiču na optimiziranu ekonomsku veličinu primenom simplex tablica, dobija se konačno rešenje za postavljeni problem.

Numerički primer

Objekti u pitanju su:

1. Antierozioni radovi
2. Akumulacija
3. Sistemi za odvodnjavanje
4. Sistemi za navodnjavanje
5. i 6. Dve elektrane

Ukupna suma investicija sa kojom se raspolaže je:

$$I_0 = 144.170.000 \text{ dinara} \quad (1)$$

Nabrojanim objektima odgovaraće raspodela investicija:

$$I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 \quad (2)$$

Traži se optimalna kombinacija ovih veličina unutar ukupne sume I_0 .

Funkcija koju maksimiziramo glasi:

$$(\max)D = d_1I_1 + d_2I_2 + d_3I_3 + d_4I_4 + d_5I_5 \quad (3)$$

$d_1 \div d_5$ – su vrednosti dohotka po vrsti objekta i po jedinici uloženi investicionih sredstava, koje se u modelu pretpostavljene na osnovu dosadašnjeg iskustva iz eksploatacije ovakvih objekata, kao prosečne veličine.

U našem primeru ove vrednosti su proračunate na osnovu dokumentacije iz raspoložive vodoprivredne osnove koje je služila kao podloga:

Meliorisana površina:	33.555 ha
Cena koštanja vode (samo troškovi):	16 din/m ³
Ukupna količina iskoristive vode:	127.750 m ³
Jedinične vrednosti dohotka:	

✓ $d_1 =$	0,0005 (din/obj)
✓ $d_2 =$	0,0003 (din/obj)
✓ $d_3 =$	0,0007 (din/obj)
✓ $d_4 =$	0,0004 (din/obj)
✓ $d_5 =$	0,0005 (din/obj)

$$(\max)D = 0,0005I_1 + 0,0003I_2 + 0,0007I_3 + 0,0004I_4 + 0,0005I_5$$

Raspoloživa sredstva za izgradnju iznose: $I_0 = 145 \text{ mil.dinara}$

$$\text{tj. } I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 \leq 145 \quad (5)$$

Ograničenja vezana za realno tehničko rešenje odnose se na: akumulaciju, odvodnjavanje i navodnjavanje.

Prema tehničkoj dokumentaciji moguće je izvesti ove objekte na dimenzionisane kapacitete, uz sledeće investicije:

$$I_{ab} = 19 \text{ mil.dinara}$$

$$I_{od} = 6 \text{ mil.dinara}$$

$$I_{nv} = 80 \text{ mil.dinara}$$

Ograničavajući uslovi vezani za ove objekte glase:

$$I_2 > 19 \text{ mil.dinara} \quad (6)$$

$$I_3 > 6 \text{ mil.dinara} \quad (7)$$

$$I_4 > 80 \text{ mil.dinara} \quad (8)$$

Objekti kod kojih se može predvideti ograničenje ulaganja na gornju granicu, obzirom da nisu primarni za funkcionisanje integralnog melioracionog sistema, nisu predviđeni tehničkim rešenjem te stoga takvih uslova nema.

Troškovi eksploatacije kao i dohodak su dobijeni na osnovu raspoložive tehničke dokumentacije i iznose:

$$t_{e1} = 0,0001 \text{ (din/obj)}$$

$$t_{e2} = 0,0015 \text{ (din/obj)}$$

$$t_{e3} = 0,0022 \text{ (din/obj)}$$

$$t_{e4} = 0,0011 \text{ (din/obj)}$$

$$t_{e5} = 0,0012 \text{ (din/obj)}$$

Ukupna (pretpostavljena) godišnja vrednost troškova utvrđena na gornju granicu iznosi:

$$T_e = 22,36 \text{ mil.dinara}$$

Prema tome, ograničavajući uslov za eksploatacione troškove je:

$$0,001I_1 + 0,0015I_2 + 0,0022I_3 + 0,0011I_4 + 0,0012I_5 \leq 22,36$$

Konačno linerani model za naš primer glasi:

Funkcija kriterijuma:

$$(\max)D=0,05I_1 + 0,03I_2 + 0,07I_3 + 0,04I_4 + 0,05I_5$$

Ograničavajući uslovi:

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 &\leq 145 \\ I_2 &> 19 \\ I_3 &> 6 \\ I_4 &\geq 80 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} 0,1I_1 + 0,15I_2 + 0,22I_3 + 0,11I_4 + 0,12I_5 &\leq 22,36 \\ I_i &\geq 0 \quad (i = 1,2,3,4,5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + 0I_6 &\leq 145 \\ I_2 + + 0I_7 &> 19 \\ I_3 + + 0I_8 &> 6 \\ I_4 + + 0I_9 &\geq 80 \end{aligned}$$

$$0,001I_1 + 0,0015I_2 + 0,0022I_3 + 0,0011I_4 + 0,0012I_5 + 0I_{10} \leq 22,36$$

Ukupno je izvršeno pet iteracija. Četvrta iteracija je dala konačno optimalno rešenje.

Prema tome, postavljeni problem raspodele investicija na objekte dobija se u poslednjoj i završnoj iteraciji sledeće rešenje:

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1. Antierozioni radovi | = 0 mil.dinara |
| 2. Akumulacija | = 19 mil.dinara |
| 3. Sistemi za odvodnjavanje | = 46 mil.dinara |
| 4. Sistemi za navodnjavanje | = 80 mil.dinara |
| 5. i 6. Dve elektrane | = 0 mil.dinara |

Dobijene odnose, uz ograničavajuće uslove, možemo smatrati kao jednu od mogućih varijanti. Vidimo da ova varijanta obezbeđuje daleko veće investicije za sisteme za odvodnjavanje nego što je to tehničkim rešenjem predviđeno:

Stoga možemo razmatrati i varijantu gde bi ograničili ukupno potrebne investicije za odvodnjavanje na gornju granicu tj.

$$I_{od} < 7 \text{ mil.dinara}$$

Dalje je potrebno formirati za novu varijantu nov sistem jednačina kao i u prethodnom slučaju sem trećeg ograničavajućeg uslova koji će se promeniti tj.

umesto $I_3 > 6$ imamo $I_3 < 7$

Suštinski ova promena ima smisla jer je obim primene odvodnjavanja zavisao od uslova lokacije a ograničen potrebama odvođenja suvišne vode. Prema tome, sasvim je moguće da se u nekim određenim slučajevima mora ograničiti primena odvodnjavanja na tehnički orijentacioni maksimum.

Dakle, ponovo postavljamo sistem jednačina sa istom funkcijom kriterijuma ali uz različiti treći ograničavajući uslov. Uvodimo dopunske promenljive i u sedmoj iteraciji dobijamo optimalno rešenje tj.

1. Antierozioni radovi	= 39 mil.dinara
2. Akumulacija	= 19 mil.dinara
3. Sistemi za odvodnjavanje	= 7 mil.dinara
4. Sistemi za navodnjavanje	= 80 mil.dinara
5. i 6. Dve elektrane	= 0 mil.dinara

Izmenjeni treći ograničavajući uslov je istakao antierozione radove i sistem za odvodnjavanje, tj. ograničenje investicija za sistem za odvodnjavanje istakao je u prvi plan antierozione radove, obzirom da su se elektrane, zbog planiranog niskog dohotka i ukupne mase pretpostavljenog obima godišnje produkcije, pokazale kao nerentabilne.

Problem je moguće postaviti i primenom treće varijante tj. umesto maksimiziranja dohotka možemo minimizirati troškove eksploatacije sistema. U tom slučaju funkcija kriterijuma bi izgledala ovako:

$$(\min)TE=0,01I_1 + 0,15I_2 + 0,22I_3 + 0,11I_4 + 0,12I_5$$

Nakon treće iteracije se dobilo rešenje kao što je prikazano u sledećoj tabeli u četvrtoj koloni.

Dobijeni rezultati raspodele investicija na objekte integralnog melioracionog sistema su:

Varijante	var. I	var. II	var. III
I ₁ - Antierozioni radovi	0	39	40
I ₂ - Akumulacija	19	19	19
I ₃ - Sistemi za odvodnjavanje	46	7	6
I ₄ - Sistemi za navodnjavanje	80	80	80
I ₅ - Dve elektrane	0	0	0
D (dohodak)	6,99	6,21	6,19
TE (troškovi)	21,77	17,09	16,97
UKUPNO:	145 mil.d.	145 mil.d.	145 mil.d.

Raspodela investicija na objekte po varijanti I, II i III pokazuje odnose potrebnih investicija za izgradnju ovakvog sistema. Obzirom na mogućnost i potrebu pri tehničkoj realizaciji objekata, dobijene vrednosti predstavljaju ekonomski izbor odnosa ulaganja a ne apsolutne vrednosti.

Sa ekonomskog aspekta troškovi eksploatacije sistema i dohodak za I, II i III varijantu iznose:

	<u>troškovi eksploatacije</u>	<u>max. dohodak</u>
I varijanta	21,77 mil.din	6,99 mil.din.
II varijanta	17,09 mil.din	6,21 mil.din
III varijanta	16,97 mil.din	6,19 mil.din

Komparacija efekata pojedinih varijanti raspodele investicija na izgradnju pojedinih objekata predstavljena je u sledećoj tabeli:

	var. I i var. II	var. I i var. III	var. II i var. III
D (dohodak)	+ 0,78	+ 0,80	+ 0,02
T (troškovi)	-4,68	-4,80	-0,12
<i>bolja je:</i>	<i>var. II</i>	<i>var. III</i>	<i>var. III</i>

Vidimo da su troškovi eksploatacije sistema po III varijanti manji za 4,80 miliona dinara u odnosu na I varijantu i 0,12 mil. dinara u odnosu na II varijantu.

Pretpostavimo da ukupan eksploatacioni period sistema iznosi samo 30 godina, ušteda u troškovima sistema između varijante III i II bi iznosila:

$$30 \times 0,12 \text{ mil. dinara} = 3,6 \text{ mil. dinara}$$

Dohodak je po III varijanti manji za 0,02 miliona dinara u odnosu na II varijantu. Međutim, za isti eksploatacioni period ukupan gubitak u dohotku bi iznosio:

$$30 \times 0,02 \text{ mil. dinara} = 0,6 \text{ mil. dinara}$$

Prema tome, uz uslov tehničke realnosti III varijante, ova varijanta je ekonomski efektivnija, obzirom da se postiže veća ušteda u troškovima eksploatacije sistema nego što je gubitak u dohotku.