

# OPTIMIZAREA FUNCȚIONĂRII A DOUĂ REZERVOARE

Neculai Andrei

[nandrei@ici.ro](mailto:nandrei@ici.ro)

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică, ICI, București

**Rezumat:** Se consideră o situație concretă în care este vorba de optimizarea funcționării unei configurații de două rezervoare din care unul asistă realizarea unui anumit debit impus rezervorului principal. Configurația de rezervoare este modelată ca o problemă de optimizare dinamică, pe 12 intervale de timp, exprimabilă în limbajul GAMS.

**Cuvinte cheie:** Optimizare dinamică, GAMS.

Să considerăm situația în care dispunem de două rezervoare de volum  $S_1$  și respectiv  $S_2$ . În primul rezervor, intră apă conform unui hidrograf dat  $q$  și iese apă în baza unei cereri  $r$  precizate de-a lungul unui interval de timp. Al doilea rezervor primește apă în cantitatea  $q_2$  din primul printr-o valvă care se deschide când volumul de apă din primul rezervor depășește volumul celui de-al doilea. În același timp, acest al doilea rezervor eliberează apă în primul, în cantitatea  $r_2$ , de îndată ce volumul de apă din primul rezervor nu reușește să satisfacă cererea de apă de la un moment dat (figura 1). Problema este de a optimiza funcționarea acestei configurații de rezervoare astfel încât să se minimizeze cantitatea de apă eliberată din rezervorul  $S_2$ .

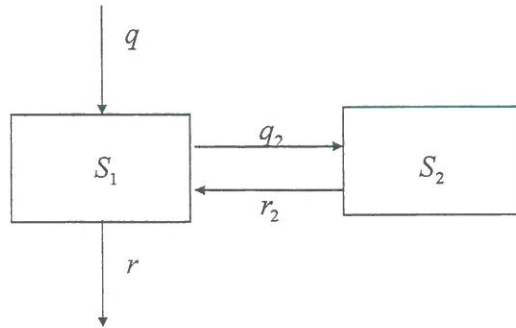


Figura 1. Sistemul de rezervoare și fluxurile de apă.

Modelul matematic, care descrie funcționarea celor două rezervoare, este următorul:

$$\min \sum_2^N r_2(t)$$

referitor la:

$$S_1(t) = S_1(t-1) + q(t) + r_2(t) - q_2(t) - r(t),$$

$$S_2(t) = S_2(t-1) + q_2(t) - r_2(t),$$

$$S_1(t) = S_2(t) \text{ dacă } q(t) > 0 \text{ și } r_2(t) = 0,$$

$$S_1^{\min} \leq S_1 \leq S_1^{\max},$$

$$S_2^{\min} \leq S_2 \leq S_2^{\max},$$

$$0 \leq q_2(t) \leq q_{\max},$$

$$0 \leq r_2(t) \leq q_{\max},$$

$$t = 1, \dots, N,$$

unde

$$S_1(1) = S_1^0, \quad S_2(1) = S_2^0,$$

$$q(t) = f(t),$$

$$r(t) = g(t),$$

$$t = 1, \dots, N + 1,$$

în care  $S_1^0$  și  $S_2^0$  sunt cantitățile inițiale de apă din cele două rezervoare, iar  $f(t)$  și  $g(t)$  sunt cantitățile (debitele) de apă care intră și, respectiv, care părăsesc primul rezervor, cunoscute pe întreaga perioadă de timp.

Considerând o evoluție anuală ( $N = 12$ ), în care variabilele sunt monitorizate lunar, precum și o serie de date concrete, expresia GAMS a acestui model este următoarea:

```

$Ontext
Optimizarea funcționării a două rezervoare. Al doilea rezervor este considerat de ajutor. Când din
primul rezervor există o cerere de apă prea mare, atunci intervine cel de-al doilea rezervor din care
se ia deficitul de apă.
$Offtext

sets n rezervoare /rez1, rez2/;

sets t time /ian, feb, mar, apr, mai, jun, jul,
          aug, sep, oct, nov, dec, enda /;

tt(t) /ian/;

table q(n,t) debitul de apă care intră în rezervorul
rez1 (mil.m3)
   ian feb mar apr mai jun jul aug sep oct nov dec enda
rez1 128 125 234 360 541 645 807 512 267 210 981 928 250;

table r(n,t) debitul de apă cerut din rezervorul rez1 (mil.m3)
   ian feb mar apr mai jun jul aug sep oct nov dec enda
rez1 100 150 200 500 222 700 333 333 300 250 250 250 200;

variabile q2(t),
          r2(t),
          s(n,t),
          obj;

equation
bal1(n,t)  balanța în rezervorul S1
bal2(n,t)  balanța în rezervorul S2
dec(n,t)  decizia de umplere a rezervoarelor
objf      funcția obiectiv;

bal1(n,t)$ (not tt(t))..
s('rez1',t)-s('rez1',t-1) =E= Q('rez1',t)+r2(t)-
q2(t)-r('rez1',t);

bal2(n,t)$ (not tt(t))..
s('rez2',t)-s('rez2',t-1) =E= q2(t)-r2(t);

dec(n,t)$ (not tt(t))..
(s('rez2',t)-s('rez1',t)) -
(s('rez2',t)-s('rez1',t)) * (1.0-q2(t)/(q2(t)+0.000001)) =E=
0.0;

objf.. obj =E= sum(t$(not tt(t)),r2(t));

* Limite asupra variabilelor, condițiile inițiale

s.lo('rez1',t)=1150;
s.up('rez1',t)=4590;

```

```

s.fx('rez1','ian')=1200;

s.lo('rez2',t)=100;
s.up('rez2',t)=4590;
s.fx('rez2','ian')=1200;

r2.up(t)=1500;
r2.lo(t)=0.0;

q2.up(t)=1500;
q2.lo(t)=0.0;
q2.l(t)=0.00001;

option optcr =0.000001;
model rez /all/;
solve rez using nlp minimizing obj;

parameter a(t);
a(t)=(1-(q2.l(t)/(abs(q2.l(t))+0.00000001)));

* Afişarea rezultatelor optimizării
file res /rezerv.txt/
put res;
put "obiectiv = ", obj.l:10:5; put /;
put /"===== "/;
put /"      a  q-rez1  r-rez1  q2(t)  r2(t)  s-rez1  ds-rez1  s-rez2  ds-rez2  "/;

loop (t $(ord(t) ne card(t)),
  put t.tl:7, a(t):5:2, q('rez1',t):10:2, r('rez1',t):10:2,
  q2.l(t):7:1, r2.l(t):7:1,
  s.l('rez1',t):10:2, (s.l('rez1',t)-s.l('rez1',t-1)):10:2,
  s.l('rez2',t):10:2, (s.l('rez2',t)-s.l('rez2',t-1)):10:2 /;
);
put /"===== "/;
* End of model

```

obiectiv = 81.00000

	a	q-rez1	r-rez1	q2(t)	r2(t)	s-rez1	ds-rez1	s-rez2	ds-rez2
ian.	0.00	128.00	100.00	0.0	0.0	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
feb.	1.00	125.00	150.00	0.0	81.0	1256.00	56.00	1119.00	-81.00
mar.	1.00	234.00	200.00	0.0	0.0	1290.00	34.00	1119.00	0.00
apr.	1.00	360.00	500.00	0.0	0.0	1150.00	-140.00	1119.00	0.00
mai	0.00	541.00	222.00	175.0	0.0	1294.00	144.00	1294.00	175.00
iun.	1.00	645.00	700.00	0.0	0.0	1239.00	-55.00	1294.00	0.00
iul.	0.00	807.00	333.00	209.5	0.0	1503.50	264.50	1503.50	209.50
aug.	0.00	512.00	333.00	89.5	0.0	1593.00	89.50	1593.00	89.50
sep.	1.00	267.00	300.00	0.0	0.0	1560.00	-33.00	1593.00	0.00
oct.	1.00	210.00	250.00	0.0	0.0	1520.00	-40.00	1593.00	0.00
noi.	1.00	981.00	250.00	0.0	0.0	2251.00	731.00	1593.00	0.00
dec.	1.00	928.00	250.00	0.0	0.0	2929.00	678.00	1593.00	0.00



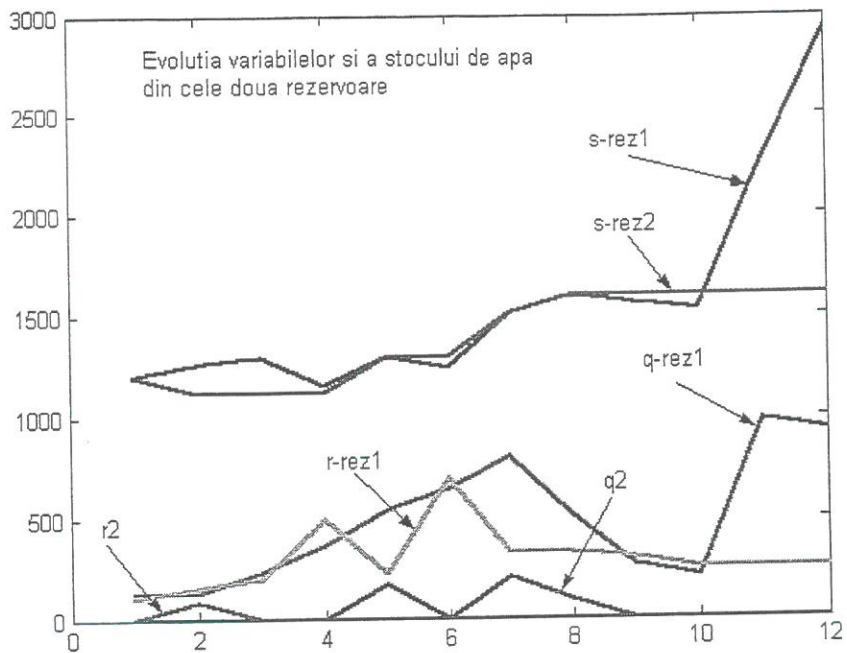


Figura 2. Evoluția variabilelor și a stocului de apă din cele două rezervoare

## Bibliografie

1. BROOKE, A., D., KENDRICK, A. MEERAUS, R. RAMAN, R. E. ROSENTHAL: GAMS a User's Guide. GAMS Development Corporation, December 1998.
2. MCKINNEY, D., A. SAVITSKY: Basic Optimization Models for Water and Energy Management, The University of Texas at Austin Technical Report, 2003.