بهره برداری بهینه از مخازن سدها با استفاده از الگوریتم جامعه ی مورچگان

بابک امین نژاد *۱

روزبه فرخ زاد ۲

۱.دانشگاه آزاد واحد اسلامی واحد رودهن – دانشکده فنی مهندسی

Aminnejad@riau.ac.ir

۲.کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی – دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین الملل کیش

Roozbeh.farokhzad@gmail.com

Archive of SID

۱- چکیده

یکی از ارکان مدیریت منابع آب ، بهره برداری بهینه از مخازن سدهای کشور به عنوان اصلی ترین منابع آبهای سطحی است. مخازن با تنظیم جریان رودخانه در امر بهبود توزیع نامرتب آب از نظر زمانی و مکانی ، نقش مهمی را در جهت کاهش خسارات ناشی از کمبود آب در ماهها و سالهای خشک ایفا می نمایند و در امر ذخیره وتأمین آب برای مصارف شهری ، روستایی ، صنعتی و کشاورزی ، کنترل مهار سیلاب ، تولید برق و ایجاد امکانات تفریحی و پرورش آبزیان نقش مؤثری دارند.

تا کنون بهره برداری بهینه از مخازن سدها با در نظر گرفتن شرایط پویا (متغیر) برای آوردها و نیازهای پایین دست سد کمتر مورد توجه قرار گرفته است که در این مقاله با استفاده از الگوریتم جامعه ی مورچگان پویا (ACO) با در نظر گرفتن کلیه تغییرات زمانی برای مخزن یک سد در داخل کشور انجام گردیده است.

معمولا در بهره برداری شرب از مخازن سدها، هدف اصلی کمینه کردن اختلاف نیاز پائین دست و میزان رهاسازی آب می باشد. در این مقاله به منظور تعیین مقادیر رهاسازی جهت بهینه کردن بهره برداری از مخزن سد، از روش برنامه جامعه مورچکان پویا با رویکرد پسرو استفاده شده است. روند تحلیل داده ها به روش پویا، بر اساس برنامه نویسی در محیط متلب[1] و همچنین استفاده از نرم افزارهای صفحات گسترده مانند اکسل[2] انجام شده است. جهت حل مسئله بهره برداری مخزن، مقدار ذخیره در انتهای دوره t به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته است. با توجه به تعریف مسئله، امکان تغییر این متغیر در بازه (۸۳۰،۳۳۴۰) وجود دارد. دقت جواب های حاصل و همچنین مقدار تابع هدف به نحوه گسسته سازی متغیر تصمیم بستگی دارد. در ابتدا به منظور نمایش کارآیی مدل، با در نظر گرفتن طول بازه برابر ۲۵۱ واحد، بهره برداری ۵ ساله، ۲۰ ساله و ۴۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت. مقدار تابع هدف به ترتیب برابر ۱/۱۳، ۶/۸۵ و ۱۴/۸۲ برای بهره برداری ۵، ۲۰ و ۴۰ ساله به دست آمده است. در نهایت به منظور ارزیابی روش برنامه جامعه مورچگان پویا جهت حل مسئله بهره برداری بهینه از مخازن سدها، نتایج حاصل از این روش با روش های فراکاوشی[3] متداول اخیر در حل مسائل بهینه سازی مقایسه شده و نتایج آن ارائه شده است.

واژه های کلیدی: بهره برداری از مخزن سد، بهینه سازی، برنامه ریزی پویا، جامعه مورچگان

[1] MATLAB
[2] Excel
[3] Heuristic

www.SID.ir

۲- مقدمه

مدل های مختلفی برای بهره برداری بهینه از مخزن ارائه شده است. مدل هایی قطعی و غیر قطعی و همچنین مدل های ترکیبی همه و همه به خدمت گرفته شده اند تا بشر به بهترین نحو بتواند از منابع آب طبیعی بهره برداری کند. با توجه به وجود عدم قطعیت ها در ورودی های یک مخزن مثل میزان بارش، ذوب برف و یخ، یا خشکسالی و ... محققان به دنبال ارائه بهترین مدل می باشند که با وجود همه این مسائل با کمترین خسارت روبرو شوند.

مدل ACO مدلی قطعی می باشد که با داشتن ورودی یک مخزن و با توجه به نیاز های مصرفی و معلوم بودن تابع هزینه می تواند مقادیر بهینه ذخیره و میزان رها سازی آب را ارائه دهد.

در علوم کامپیوتر، برنامه‌ریزیِ پویا یک روش بهینه سازی است که برای دسته‌ای از الگوریتم‌های پس گرد زمانی که زیرمسأله‌ها بطور مکرر فراخوانی می‌شوند استفاده می‌شود. این روش در سال ۱۹۵۳ توسط ریاضی‌دانی به نام ریچارد بلمن معرفی شد. برنامه‌ریزیِ پویا در ریاضی و علوم کامپیوتر روشی شناخته شده است که از آن در نوشتن الگوریتم‌های بهینه با استفاده از حذف اجرای چند بارهٔ یک زیر مسأله یکسان استفاده می‌شود. از این رو برنامه ریزی پویا برای استخراج خروجی های بهینه از مخزن سد یکی از روش های عملی تحلیل سیستم ها در امر بهره برداری مخزن می باشد نخستین بار مایس[۴](۱۹۴۶) و لیتل[۵](۱۹۹۵) پیش از تبیین کامل الگوی برنامه ریزی پویا توسط بلمن[۶](۱۹۵۷) ایده هایی را در مورد استفاده از الگوریتم برنامه ریزی مرحله ای برای بهره برداری از مخزن سد مطرح کردند . در سالهای ۱۹۶۳ تا ۱۹۶۶ ایده های مشابهی از سوی هال[۷] ، هاول[۸] و رافس[۹] مطرح گردید که در نهایت یانگ[۱۰] در سال ۱۹۶۷ یک مدل برنامه ریزی قطعی با افق زمانی محدود برای یک مخزن معرفی کرد . از اویل دهه ۱۹۸۰ تاکنون تحقیقات متعددی عمدتاً به صورت مطالعه موردی انجام گرفته است که هدف ازطراحی این مدل ها ،تعیین سیاست های بهره برداری بهینه برای دوره های زمانی محدود یا نا محدود است.

برنامه‌ریزیِ پویا معمولا برای حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود. در این دسته از مسائل، جواب‌های متعددی برای مسأله موجود است و هدف یافتن جوابی است که بهینه (ماکزیمم یا مینیمم) باشد.

لازم به ذکر است که جواب بهینه لزوماً منحصربفرد نیست و روش‌های مختلف ممکن است به یک مقدار بهینه منجر شود.

روند طراحی یک الگوریتم برنامه‌ریزیِ پویا را می‌توان به مراحل زیر تقسیم کرد:

۱. تشخیص ساختارِ یک جواب بهینه،

۲. تعریف کردن یک مقدار بهینه به طور بازگشتی،

۳. محاسبه یک مقدار بهینه به روش پایین به بالا،

۴. ساختن یک جواب بهینه با استفاده از اطلاعات محاسبه شده.

---

[4] Mays
[5] litle
[6] Bellman
[7] Hall
[8] Hawel
[9] Rafs
[10] Yang

Archive of SID
www.SID.ir

مراحل ۱ تا ۳، مقدار بهینه را برای مسأله ارائه می‌کند. در صورتی که فقط مقدار بهینه مورد نیاز باشد، مرحله ۴ را می‌توان‌حذف کرد. در مرحله ۴ از اطلاعات اضافی ذخیره شده در مراحل قبلی برای ساختن یک جواب بهینه استفاده می‌کند. به عنوان مثال، مسأله یافتن کوتاهترین مسیر بین دو رأس یک گراف را در نظر بگیرید. اگر فقط طول کوتاهترین مسیر بین دو رأس مورد نیاز باشد، اجرای مراحل ۱ تا ۳ کافی است. اما برای یافتن مسیری با کوتاهترین طول، اجرای مرحله ۴ نیز مورد نیاز است.

اجزای اصلی مدل Aco

تبدیل مسئله به چند زیر مسئله

تشخیص بردار متغیرهای حالت

تشخیص بردار متغیرهای تصمیم

تابع تبدیل یا انتقال سیستم

حل هر مسئله در هر مرحله از طریق حل یک معادله بازگشتی

$$f_i^{*n}(S_i) = \min_{x_i}\left\{C_i(S_i, x_i) + f_{i+1}^{*n-1}(S_{i+1})\right\}$$

در این رابطه f تابع بازگشتی، S متغیر حالت و x متغیر تصمیم می باشد

۳- روش پیشنهادی

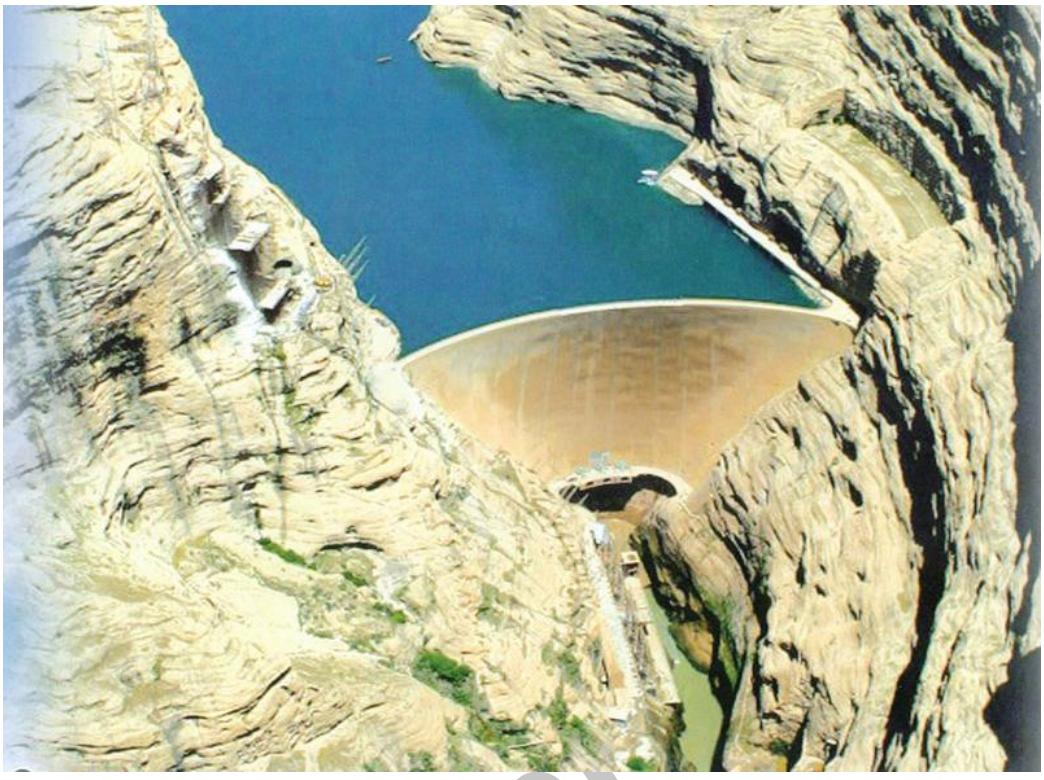
در این بخش مدل Aco برای بهره برداری بهینه از مخزن سد دز طی دوره ۵ ساله، ۲۰ ساله و ۴۰ ساله ارائه شده است.

مشخصات و اطلاعات مخزن سد

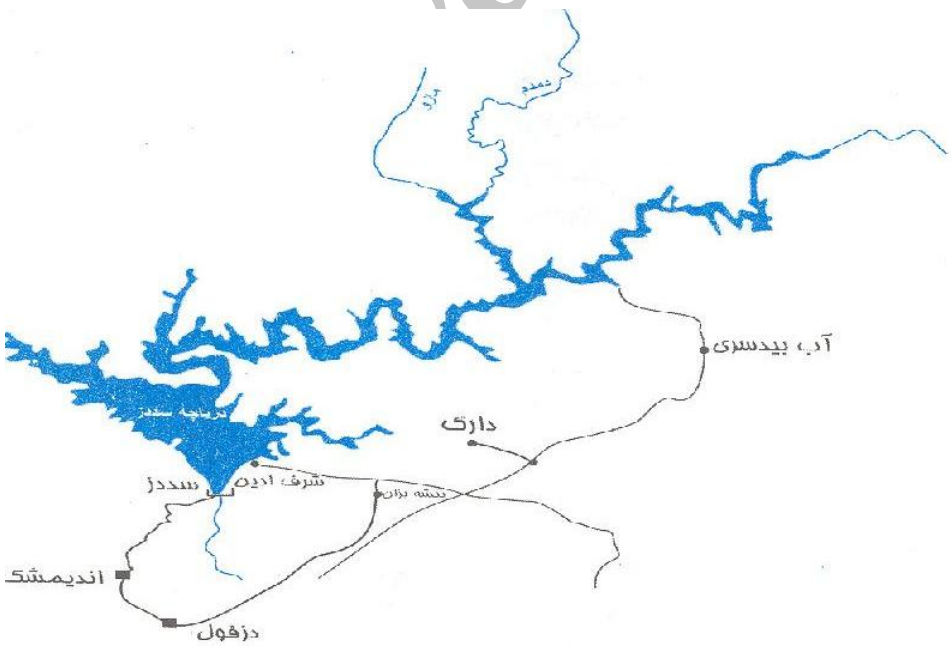
سد دز که در قسمت جنوب غربی کشور قرار دارد یکی از سدهای بزرگ کشور محسوب می شود. حجم مخزن این سد برابر ۲۵۱۰ میلیون متر مکعب است و میانگین ورودی آب به مخزن این سد در طول ۴۰ سال بهره برداری برابر ۵۳۰۳ میلیون متر مکعب می باشد. با توجه به حجم مخزن، مقادیر بیشینه و کمینه ذخیره آب در طول مدت بهره برداری به ترتیب برابر ۳۳۴۰ و ۸۳۰ میلیون متر مکعب می باشد. همچنین مقادیر رهاسازی آب ماهانه به پائین دست در حالت کمینه و بیشینه به ترتیب ۰ و ۱۰۰۰ میلیون متر مکعب می باشد (شکل ۱).

این سد، سد بتنی برق آبی است که در ۲۳ کیلومتری شمال شری شهرستان اندیمشک واقع شده است (شکل۲). این سد ۱۲۵۰۰۰ هکتار اراضی پایین دست خود را آبیاری می کند. همچنین آورد ۴۰ ساله رود دز هم به صورت ماهانه در دسترس می باشد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل (۱) سد بتنی دوقوسی دز و مخزن آن



شکل (۲) موقعیت سد دز نسبت به شهرهای اطراف آن

www.SID.ir

تعریف مسئله

معمولا در بهره برداری شرب از مخازن سدها، هدف اصلی کمینه کردن اختلاف نیاز پائین دست و میزان رهاسازی آب می باشد. مسئله بهره برداری شرب از مخازن سدها به صورت زیر تعریف می شود:

$$Min \quad TSD = \frac{\sum_{t=1}^{N}(D_t - R_t)^2}{D_{max}^2} \qquad (1)$$

$$\text{Sub ject to :} \quad S_{t+1} = S_t + Q_t - R_t \qquad (2)$$

$$S_{min} \leq S_t \leq S_{max} \qquad (3)$$

$$R_{min} \leq R_t \leq R_{max} \qquad (4)$$

که در روابط فوق:

D_t : میزان نیاز پائین دست دربازه زمانی t

R_t : میزان رهاسازی آب به پائین دست دربازه زمانی t

D_{max} : ماکزیمم نیاز پائین دست در طول بازه بهره برداری

Q_t : آورد جریان رودخانه به داخل مخزن

S_{min} : مقدار کمینه مجاز ذخیره آب مخزن

S_{max} : مقدار بیشینه مجاز ذخیره آب مخزن

R_{min} : مقدار مجاز کمینه رهاسازی آب

R_{max} :مقدار مجاز بیشینه رهاسازی آب

معادله (۱) تابع هدف مسئله را بیان می کند. معادله (۲) نشان دهنده معادله بیلان آب در مخزن است. معادلات (۳) و (۴) به ترتیب قیود مقدار ذخیره و مقدار رهاسازی آب مخزن هستند.

ساختار مدل Aco

در این مقاله به منظور تعیین مقادیر رهاسازی جهت بهینه کردن بهره برداری از مخزن سد دز، از روش برنامه ریزی پویا با رویکرد پسرو استفاده شده است. تابع بازگشتی مورد استفاده به صورت زیر است:

$$F(s_t, Q_t) = \min\{F(s_{t+1}, Q_{t+1}) + TSD_{min}\}$$

مدل Aco یک مدل گسسته می باشد. لذا حجم مخزن را از ۸۳۰ میلیون متر مکعب تا ۳۳۴۰ میلیون متر مکعب به ۱۱ سطح

Archive of SID
www.SID.ir

گسسته سازی کرده ایم تا بتوانیم در هر ماه تصمیم بگیریم که از چه سطحی به چه سطحی از ذخیره برویم. در مواردی کـه حجـم آب ورودی و ذخیره بیش از ۳۳۴۰ باشد ناچار به سرریز آب خواهیم بود. معادله پیوستگی آب در هر ماه به صورت زیر تعریـف مـی گردد :

$$I_t + S_t - S_{t+1} - R_t = 0$$

که I_t مقدار ورودی آب مخزن در هر ماه، S_t مقدار ذخیره آب مخزن در ماه t ام و S_{t+1} مقدار ذخیره مخزن در مـاه بعـدی و R_t مقدار آزاد سازی آب می باشد. که در ماه های پرآبی این مقدار شامل سرریز هم می شود. محدودیت های مدل بـه شـرح ذیـل می باشد :

$$830 > S_t > 3340\ (MCM)$$
$$0 \leq R_t \leq 1000(MCM)$$
$$S_1, S_{12} = 1320\ (MCM)$$

برنامه ریزی و آنالیز

به منظور حل مسئله بهره برداری مخزن، مقدار ذخیره در انتهای دوره t به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفتـه شـده اسـت. بـا توجه به تعریف مسئله، امکان تغییر این متغیر در بازه (۸۳۰ و ۳۳۴۰) وجود دارد. دقت جواب های حاصل و همچنـین مقـدار تـابع هدف به نحوه گسسته سازی متغیر تصمیم بستگی دارد. در ابتدا به منظور نمایش کارآیی مدل، با در نظر گـرفتن طـول بـازه برابـر ۲۵۱ واحد، بهره برداری ۵ ساله، ۲۰ ساله و ۴۰ ساله مورد بررسی قرار گرفته است.

بدین منظور از برنامه نویسی در نرم افزار متلب در دو بخش استفاده شده است. بخش اول برنامه اصلی است که عملکـرد اصـلی برنامه ریزی پویا را بعهـده داشـته (Main.m) و بخـش دیگـر تـابعی اسـت کـه جهـت ورود پارامترهـای اولیـه بکـار بـرده شـده است(Initial.m).

تابع Initial

این تابع صرفا جهت خوانش داده ها و ورود آن به نرم افزار بکار گرفته شده است. در این تابع جریان ورودی، تقاضـا، حجـم آب اولیه مخزن، بیشینه و کمینه حجم مخزن و دیگر مقادیر اولیه در بازه های زمانی ۵، ۲۰ و ۴۰ ساله به برنامه اضافه می گردند. شرح کد این بخش در ادامه ارائه شده است:

Archive of SID
www.SID.ir

```
function [ Inp,Inflow,Demand,Storage ] = Initial( )
```

- ورود تعداد سالهای مورد بررسی:

```
   Inp.Year=input('Number of Years For Simulation;('=
```

- قیود مسئله:

```
٪  CONSTRAINTS FOR STORAGE AND RELEASE VOLUMES
   Inp.Smax = 3340;
   Inp.Smin = 830;
   Inp.Rmin = 0;
   Inp.Rmax = 1000;
   Inp.S_Initial=1430;
   Inp.penal=100;
```

- خواندن اطلاعات جریان ورودی و تقاضا:

```
   if Inp.Year==5
      load Inflow5.dat;
      Inflow = Inflow5;

      load Demand5.dat;
      Demand = Demand5;
   elseif Inp.Year==20
       load Inflow20.dat;
      Inflow = Inflow20;

      load Demand20.dat;
      Demand = Demand20;
   elseif Inp.Year==40
      load Inflow40.dat;
      Inflow = Inflow40;

      load Demand40.dat;
      Demand = Demand40;
   end

   Inp.Nt = size(Inflow,1);
   Storage(2:Inp.Nt+1,1)=round((Inp.Smax-Inp.Smin)*rand(Inp.Nt,1)+Inp.Smin);
   Storage(1)=Inp.S_Initial;
end
```

Archive of SID

www.SID.ir

برنامه اصلی (Main)

ابتدا جداول (مقادیر) رهاسازی مورد نیاز بر حسب جریان ورودی و حجم ذخیره مخزن تشکیل می گردد. سپس جداول (مقادیر) TSD به ازای حالت های مختلف محاسبه گردیده و در نهایت مینیموم این مقادیر در طول مدت بازه های ۵، ۲۰ و ۴۰ ساله محاسبه گردیده است. در نهایت مقدار تابع هدف و دیگر مقادیر مربوطه در خروجی نمایش داده شده است. شرح کد این بخش در ادامه ارائه شده است.

- محاسبه میزان رهاسازی آب بر حسب جریان ورودی ماهانه به مخزن:

```
% Calculation of Releases Related to Monthly Inflow to Reservoir
 tic
 Storage=(830:10:3340); % Discrete values of Storages are considered at 40 level
 n=length(Storage);
 Release=cell(m,1);
  for i=1:m
    R=zeros(n,n);
    for ii=1:n
      for iii=1:n
        R(ii,iii)=Storage(ii)+Inflow(i)-Storage(iii);
        if R(ii,iii)<0
          R(ii,iii)=1e10;
        end
      end
    end
    Release(i,1)={R};
 end
```

- محاسبه مقدار TSD در هر مرحله:

```
%% Calculation of Total Squared Devition (TSD)
TSD=cell(m,1);
for i=1:m
  C=zeros(n,n);
  R=Release{i,1};
  for ii=1:n
    for iii=1:n
```


Archive of SID
www.SID.ir

```
        C(ii,iii)=((R(ii,iii)-Demand(i))/Dmax)^2;
      end
    end
    TSD(i,1)={C};
  end
```

- محاسبه مقدار کمینه TSD با روش برنامه ریزی پویای پسرو:

```
  %% Calculation of Minimum TSD {using Backward DP}
  A(m,1)={C};
  C=C';
  F(:,m)=min(C);
  for i=m-1:-1:1
    C=TSD{i,1};
    for ii=1:n
      C(:,ii)=C(:,ii)+F(ii,i+1);
    end
    A(i,1)={C};
    B=find(C==(min(min(C))));
    C=C';
    F(:,i)=min(C);
  end
   R=Release{1,1};
   Rel(1)=R(B(1));
   b=ceil(B(1)/n);
   for i=2:m
      R=Release{i,1};
      C=A{i,1};
      a=find(C(b,:)==min(C(b,:)));
      Rel(i)=R(b,a);
      b=a;
   end
```

- مشاهده مقادیر خروجی تابع هدف:

```
  %%          Display the output
day=clock;
disp(datestr(datenum(day(1),day(2),day(3),day(4),day(5),day(6)),0))
disp('The Value of Objective Function is=')
```

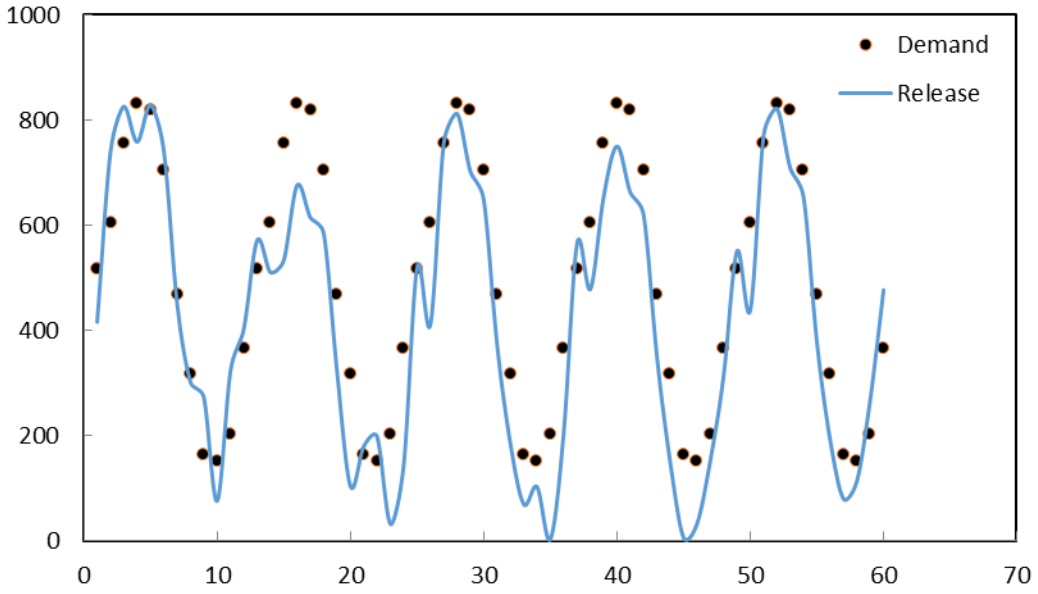

Archive of SID

www.SID.ir

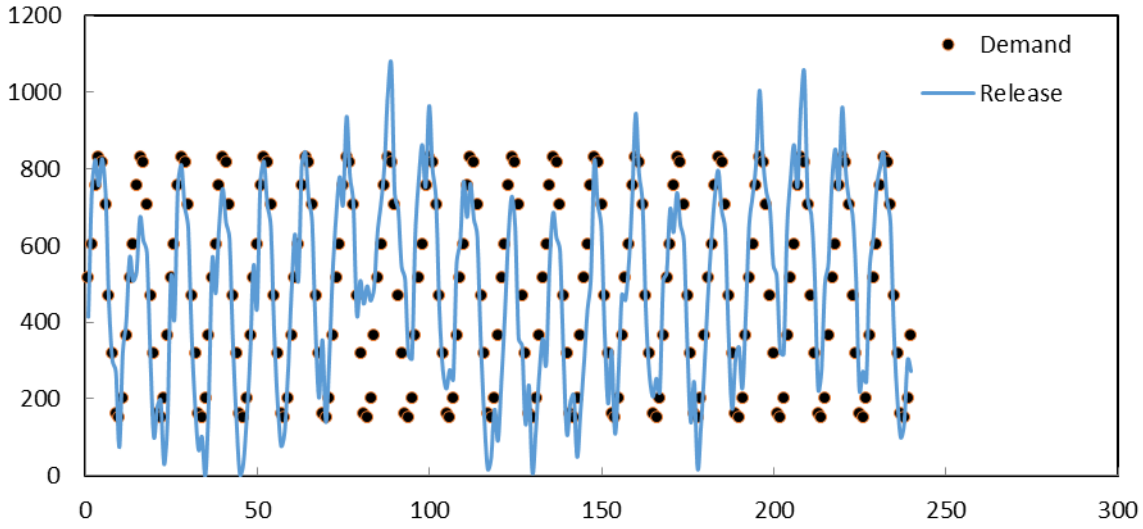
min(F(:,1))

نتایج استخراج شده

با توجه به کد نوشته شده پس از انجام آنالیزها، مقدار تابع هدف به ترتیب برابر ۱/۱۳، ۶/۸۵ و ۱۴/۸۲ برای بهره برداری ۵، ۲۰ و ۴۰ ساله به دست آمده است. شکل های ۳تا ۵ مقادیر رهاسازی در دوره های مختلف را برای دوره های بهره بـرداری مختلـف نشان می دهد.

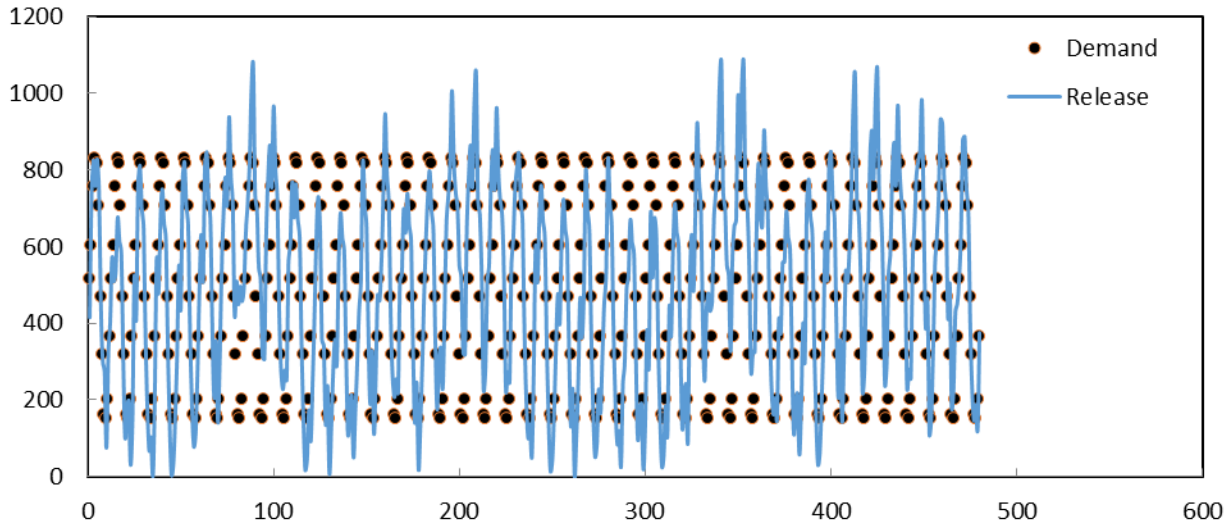


شکل (۳)مقادیر رهاسازی دربهره برداری ۵ ساله



شکل (۴)مقادیر رهاسازی دربهره برداری ۲۰ ساله

www.SID.ir



شکل (۵)مقادیر رهاسازی دربهره برداری ۴۰ ساله

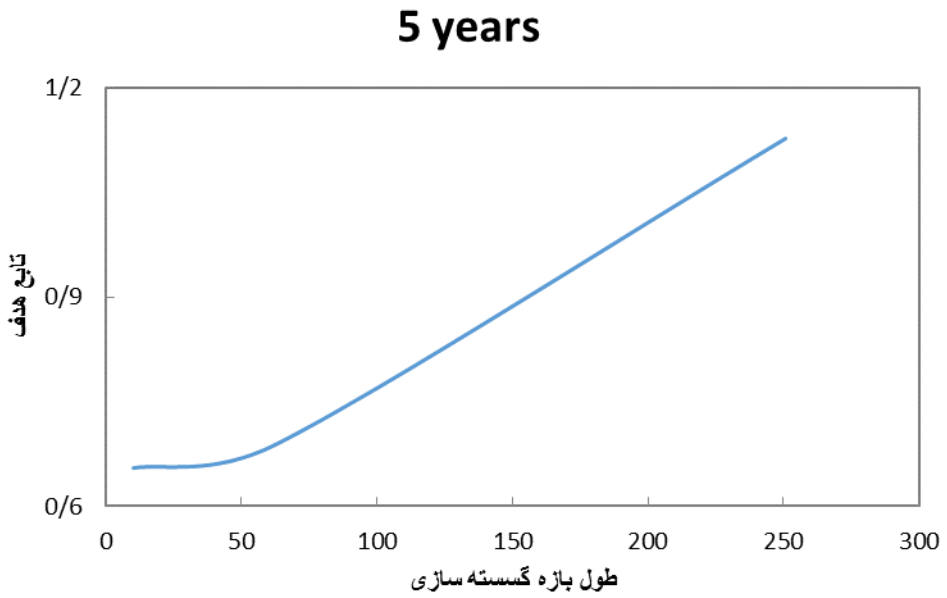
تحلیل نتایج

با تغییر بازه گسسته سازی متغیر تصمیم می توان دقت حل مسئله را افزایش داد. بدین منظور و جهت بررسی تغییرات تابع هدف نسبت به متغیر تصمیم، مقادیر تابع هدف به ازای بازه های گسسته سازی مختلف محاسبه و درجدول ۱ نمایش داده شده است. همچنین مقدار و نحوه این تغییرات در شکل های ۶ تا ۸ نشان داده شده است.

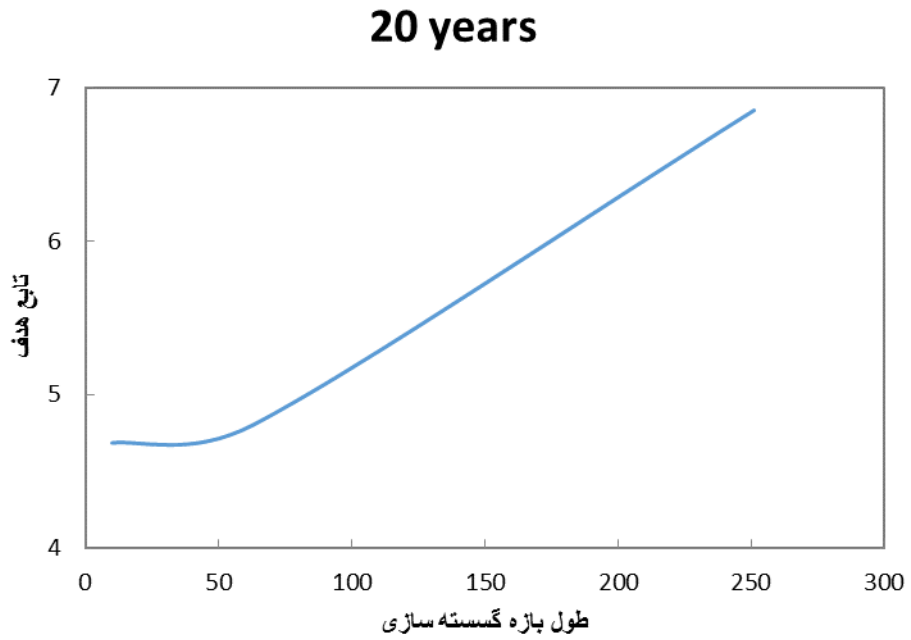
جدول (۱) تغییرات تابع هدف با تغییر طول بازه گسسته سازی

طول بازه گسسته سازی متغیر تصمیم (ذخیره)	مقدار تابع هدف		
	بهره برداری ۵ ساله	بهره برداری ۲۰ ساله	بهره برداری ۴۰ ساله
251	1.12765	6.85	14.82
62.75	0.6542	4.805	10.67
10	0.6882	4.689	10.437

Archive of SID
www.SID.ir

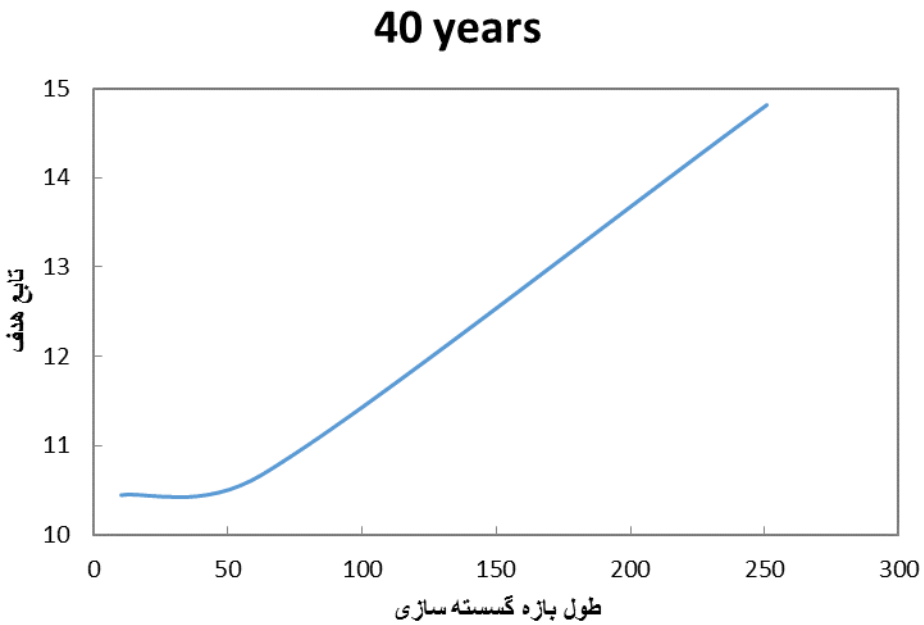


شکل (۶)تغییرات تابع هدف با طول بازه گسسته سازی برای بهره برداری ۵ ساله



شکل (۷)تغییرات تابع هدف با طول بازه گسسته سازی برای بهره برداری ۲۰ ساله

www.SID.ir



شکل (۸)تغییرات تابع هدف با طول بازه گسسته سازی برای بهره برداری ۴۰ ساله

با توجه به اشکال شماره (۶) تا (۸) مشاهده می شود که هرچه طول بازه گسسته سازی کمتر باشد، دقت جواب بیشتر بوده و کمینه مقدار تابع هدف کمتر شده است که به معنی جواب بهتر می باشد. اگرچه در این حالت زمان و هزینه محاسباتی بیشتری بایستی مصرف شود.

۴- مقایسه برنامه ریزی پویا با روش های فراکاوشی

در سال های اخیر استفاده از روش های فراکاوشی در حل مسائل بهینه سازی رشد چشمگیری داشته است. دلیل اقبال عمومی به استفاده از روش های فراکاوشی عمومیت این روش ها در حل مسائل بهینه سازی مختلف و همچنین سادگی اجرای این روشها می باشد. معمول ترین و قوی ترین روش های فراکاوشی موجود، روشهای الگوریتم ژنتیک[۱۱] (GA)، جامعه مورچگان[۱۲] (ACO) و ازدحام ذرات[۱۳] (PSO) می باشند. به منظور ارزیابی روش برنامه ریزی پویا جهت حل مسئله بهره برداری بهینه از مخازن سدها، نتایج حاصل از این روش با روش های اتوماتهای سلولی، الگوریتم ژنتیک، جامعه پرندگان و جامعه مورچگان در جدول (۲) آورده شده است.

همان طور که از این جدول می توان مشاهده کرد، نتایج روش برنامه ریزی پویا بهتر از روشهای فراکاوشی معمول می باشد. اگرچه

[11] Genetics
[12] Ant colony
[13] Particle swarm optimization

Archive of SID
www.SID.ir

هزینه محاسباتی آن بیش از روش های اتوماتای سلولی (CA) می باشد، اما مشاهده می شود که ایـن زمـان بـاز کمتـر از روشـهای فراکاوشی مشهور نظیر ACO، GA و PSO می باشد.

لازم به ذکر است علیرغم تمام مزایای این روش نسبت به روشهای فراکاوشی، ایراد آن از لحاظ نیاز به حجم ذخیره اطلاعـات زیـاد، قابل توجه بوده و ما را در مسائل با تعداد داده های بزرگ با چالش جدی مواجه می نماید.همچنین مقایسه های انجام شـده جهـت تحلیل بهتر نتایج در شکل های ۹ تا ۱۴ آورده شده است

جدول (۲) مقایسه مینیمم هزینه بدست آمده طی دوره های ۵ساله، ۲۰ ساله و ۴۰ ساله از مدل های DP ، CA ، GA ، PSO ، ACO که توسط دیگر محققان صورت گرفته است

Model	Months	Total cost	Computation time(s)
Dynamic programming	60	1.13E+00	**1.36**
	240	6.85E+00	**4.10**
	480	1.48E+01	**8.97**
Non-penalized cellular automata	60	8.46E−01	**0.1**
	240	4.83E+00	**0.1**
	480	1.06E+01	**0.1**
Penalized cellular automata	60	7.32E−01	**0.1**
	240	4.80E+00	**0.1**
	480	1.06E+01	**0.1**
Genetic algorithm (Swarm/Colony size = 100)	60	8.44E−01	**3.5**
	240	7.85E+01	**14**
	480	1.06E+04	**27**

Archive of SID

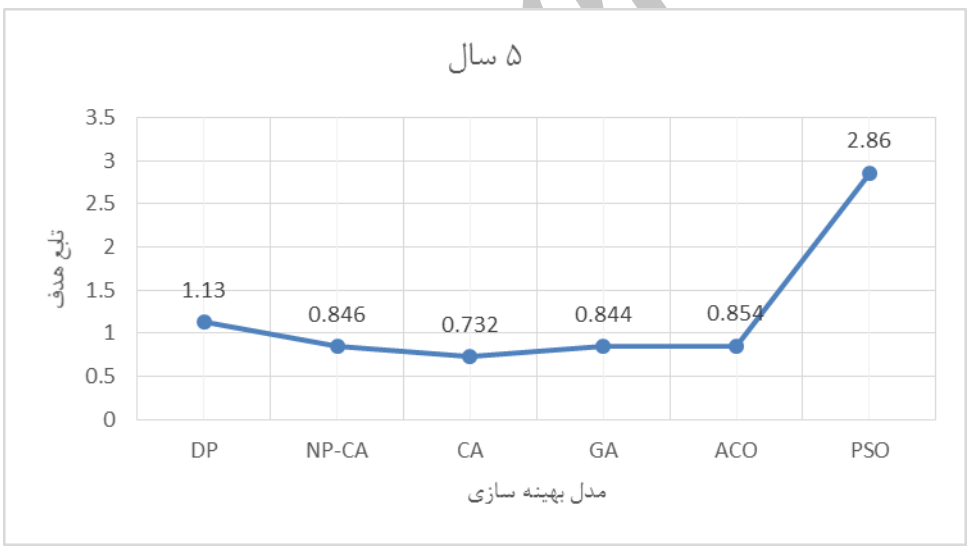
www.SID.ir

Particle Swarm Optimization (Swarm/Colony size = 100)	60	2.86E+00	**5.5**
	240	4.95E+02	**23**
	480	1.87E+04	**46**
Ant Colony Optimization (Swarm/Colony size = 100)	60	8.54E−01	**30**
	240	1.48E+01	**121**
	480	3.11E+02	**244**

Archive of SID

www.SID.ir

شکل (۹) مقایسه مقدار تابع هدف در DP با سایر روشها در بازه زمانی ۵ ساله



شکل (۱۰) مقایسه زمان آنالیز در DP با سایر روشها در بازه زمانی ۵ ساله

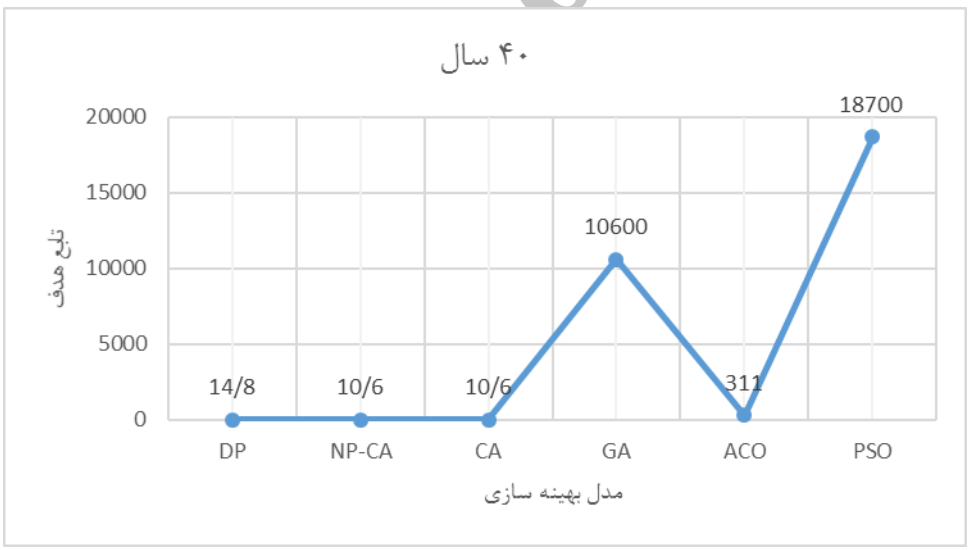
www.SID.ir

شکل (۱۱) مقایسه مقدار تابع هدف در DP با سایر روشها در بازه زمانی ۲۰ سال

شکل (۱۲) مقایسه زمان آنالیز در DP با سایر روشها در بازه زمانی ۲۰ سال

www.SID.ir

شکل (۱۳) مقایسه مقدار تابع هدف در DP با سایر روشها در بازه زمانی ۴۰ سال



شکل (۱۴) مقایسه زمان آنالیز در DP با سایر روشها در بازه زمانی ۴۰ سال

www.SID.ir

۵- نتیجه گیری

جهت حل مسئله بهر برداری مخزن، مقدار ذخیره در انتهای دوره t به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته است. با توجه بـه تعریـف مسئله، امکان تغییر این متغیر در بازه (۸۳۰،۳۳۴۰) وجود دارد. دقت جواب های حاصل و همچنـین مقـدار تـابع هـدف بـه نحـوه گسسته سازی متغیر تصمیم بستگی دارد. در ابتدا به منظور نمایش کارآیی مدل، با در نظر گرفتن طول بازه برابر ۲۵۱ واحد، بهـره برداری ۵ ساله، ۲۰ ساله و ۴۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که مدل DP یک مدل گسسته می باشد لذا حجم مخزن را از ۸۳۰ میلیون متر مکعب تا ۳۳۴۰ میلیون متر مکعب به ۱۱ سطح گسسته سازی کرده تا بتوانیم در هر ماه تصمیم بگیریم که از چه سطحی به چه سطحی از ذخیره برویم.

مقدار تابع هدف برای این گسسته سازی به ترتیب برابر ۱/۱۳، ۶/۸۵ و ۱۴/۸۲ برای بهره برداری ۵، ۲۰ و ۴۰ ساله به دسـت آمـده است. با توجه به اینکه میزان طول بازه گسسته سازی بر پاسخ مدل مؤثر می باشد، آنالیز حساسیتی بر روی تعداد سـطوح گسسـته سازی انجام گرفت. نتایج این آنالیز نشان داد طول بازه ۵۰ و کوچکتر دقیق ترین پاسخ تابع هـدف را بـه دنبـال دارد و هرچـه ایـن طول از ۵۰ بزرگتر شود، کمینه تابع هدف بیشتر می شود.

با توجه به این مسئله دقیقترین پاسخ تابع هدف در گسسته سازی کمتر از ۵۰ برای بازه هـای ۵، ۲۰ و ۴۰ سـال بـه ترتیـب برابـر خواهد بود با ۰،۶۸۸۲، ۴،۶۸۹ و ۱۰،۴۳۷.

در نهایت به منظور ارزیابی روش برنامه ریزی پویا جهت حل مسئله بهره برداری بهینه از مخازن سدها، نتـایج حاصـل از ایـن روش در گسسته سازی ۱۱ قسمتی، با روش های فراکاوشی متداول اخیر در حل مسائل بهینه سازی مقایسه شده و نتایج آن ارائـه شـده است.

با توجه به نتایج ارائه شده بجز روش اتوماتای سلولی، نتایج برنامه ریزی پویا از نظر سرعت (زمان محاسبات) و دقت پاسخ هـا (تـابع هدف) از دیگر روشهای فراکاوشی بهتر بوده است. اگرچه در صورتی که طول بازه گسسته سـازی در DP کمتـر باشـد پاسـخ تـابع هدف با روش CA برابری می کند و تنها زمان تحلیل آن بیشتر می باشد.

۶-پیشنهادات

بمنظور ادامه تحقیقات مرتبط با پژوهش حاضر، موضوعات زیر پیشنهاد می گردد:

بررسی بهره برداری بهینه سد دز با الگوریتم های دیگر از جمله جامعه مورچگان و لانه زنبوری.

ترکیب مدلهای برنامه ریزی پویا بعنوان بهینه ساز با روشهای شبیه سازی در مسـائل مختلـف از جملـه بهـره بـرداری تلفیقـی آب سطحی و زیرزمینی.

شبیه سازی داده های ورودی با استفاده از روش بردار پشتیبان (SVM).

www.SID.ir

منابع

Bellman, R. (1957). *Dynamic programming*, Princeton University Press, Princetion, New Jersey, USA.

Beroggi, G.E.G. 1999. Decision modelling in policy management:an introduction to analytic concepts. Boston, Mass., Kluwer Academic.

Boehani, D. A. R. and Moradi,A. M. 2011 "Application of ant-colony-based algorithms to multi-reservoir water resources problems,".

Hall W.A., and Buras N.(1961). "The Dynamic Programing Approach to Water Resource Development ", *Journal of Geophysics Research*, No.66.

Hall, W.A. and DRACUP, J.A. 1970. Water resources systems engineering. New York, McGraw-Hill.

Hillier, F.S. and Lieberman, G.J. 1990. Introduction to operations research, 5th edn. New York, McGraw-Hill.

Hillier, F.S. and Lieberman, G.J. 1990. Introduction to stochastic models in operations research. New York, McGraw-Hill.

Jalali,M. R. Afshar,a. and Mariño,M. a. , 2007 "Multi-colony ant algorithm for continuous multi-reservoir operation optimization problem," Water Resour. Manag., vol. 21, no. 9, pp. 1429–1447.

Maass, A.; Hufschmidt, M.M.; Dorfman, R.; Thomas, H.A. Jr.; Marglin, S.A. and Fair, G.M. 1962. Design of water-resource systems. Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Mays, L. W. and Bedient,P. B. , 1982. "Model for optimal size and location of detention," J. Water Resour. Plan. Manag. Div., vol. 108, no. 3, pp. 270–285.

Yeh, W. W-G. 1985. Reservoir management and operation models: a state of the art review, *Water Resource Research*, Vol. 21, No.12, pp.1797-1818.

Archive of SID

www.SID.ir