

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

بکارگیری مدل برنامه ریزی پویا برای زمان آبرگیری مناسب و بهره برداری بهینه از آب سد کرج

ساره رفیعی راد، دکتر زمان شاه محمدی دکتر محمود صبوحی صابونی

چکیده:

در سالهای اخیر مطالعات بسیاری در زمینه مدل‌های ریاضی بهره برداری بهینه از مخازن سدها انجام گرفته است که هدف از ارائه این مدل‌ها هماهنگ ساختن توزیع آب ورودی به سد براساس توزیع آب مورد نیاز بوده است، به نحویکه کمترین هزینه (بیشترین سود) با توجه به اهداف طرح حاصل گردد. این مسئله بویژه در مناطقی که میزان منابع آب کافی نبوده و نحوه توزیع آن با توزیع نیاز هم جهت نباشد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مقاله از مدل برنامه ریزی پویا برای دو حالت دست یابی به مجموع انحرافات یکطرفه از مقادیر آب مورد نیاز برای آبرگیری سد کرج و میزان بهره برداری بهینه از آب این سد استفاده شده است. از جمله معایب مدل برنامه ریزی پویا این است که گسسته سازی حجم مخزن بعنوان یک متغیر گسسته در نظر گرفته می شود..

کلمات کلیدی: بهینه سازی ، برنامه ریزی پویا، آبرگیری و بهره برداری

مقدمه :

مدیران و بهره برداران جهت برنامه ریزی برای بهره برداری از منابع آب بخصوص مخازن سدها نیاز به اتخاذ سیاستهایی دارند. اتخاذ چنین تصمیماتی در شرایط تعدد متغیرهای تصمیم گیری و عدم قطعیت ورودی و نیازها، برنامه ریزان را وادار به استفاده از مدل‌های ریاضی بهینه سازی و شبیه سازی می نماید. از گذشته تا کنون از بین روشهای غیر خطی روش برنامه ریزی پویا به علت قابلیت حل مسائل بهینه سازی غیرخطی در برنامه ریزی بهره برداری از مخازن کاربردهای موفق داشته است. کارآموز و هوک در سال [2] با استفاده از روش برنامه ریزی پویا و سپس تحلیل رگرسیون بین مقادیر خروجی بهینه، مقادیر ورودی و ذخیره مخزن، سیاست بهره برداری در هر ماه از سال را تدوین کردند. استدینگر و همکاران [6] با استفاده از برنامه ریزی پویای احتمالی که در آن بهترین پیش بینی از جریان ورودی در دوره فعلی به عنوان متغیر حالت در نظر گرفته شده بود، بهره برداری از مخزن با سه هدف کنترل سیلاب، تامین نیازهای پائین دست و تولید برق را بهینه کردند. پونام بالام [5] با استفاده از یک مدل برنامه ریزی پویای احتمالی که در آن ورودی مخزن و حجم ذخیره آن به عنوان متغیر حالت در نظر گرفته شده بود، سیاست بهره برداری از مخزن را تدوین کردند. در این تحقیق زمان آبنگیزی و بهره برداری بهینه از آب سد کرج با استفاده از برنامه ریزی پویا بررسی شده است.

منطقه مورد مطالعه:

سد امیرکبیر که سد کرج هم نامیده می شود، در شمال شهر کرج و در 25 کیلومتری جاده کرج به چالوس نزدیک روستای واربان قرار دارد. این سد، اولین سد چندمنظوره ایران است و یکی از منابع تأمین آب شهر تهران می باشد. عملیات ساختمانی سد در سال 1336 آغاز و در سال 1340 آماده بهره برداری گردید. این سد بر روی رودخانه کرج با سطح حوزه آبریزی به مساحت 764 کیلومتر مربع و با متوسط جریان آب سالانه به میزان 472 میلیون مترمکعب در فاصله 63 کیلومتری شمال غربی تهران قرار دارد. اراضی زیر دست سد 2100 هکتار می باشد. این اراضی دارای الگوی کشت غلات، علوفه، سبزی، صیفی و باغات میوه بوده و پیک مصرف آب در تیرماه می باشد. هدف های اصلی ساختمان سد و تاسیسات وابسته عبارتند از: کنترل سیلاب و جلوگیری از خسارت های ناشی از سیل، تامین بخشی از آب شرب تهران، تنظیم آب برای مصارف آبیاری و کشاورزی اراضی حومه ی کرج، تولید سالانه انرژی برق-آبی و کمک به شبکه سراسری برق به ویژه در ساعت های اوج مصرف.

مواد و روشها :

مدل برنامه ریزی پویا

برنامه ریزی پویا تکنیکی است ریاضی که اصولاً برای بهتر کردن کارایی محاسباتی دسته معینی از مسائل بهینه سازی طرح-ریزی شده است. ایده اصلی در این تکنیک عبارت است از تجزیه مسئله موردنظر به مسائل فرعی (کوچکتر) که از لحاظ محاسباتی آسانتر می توان آنها را حل کرد. طبق نظر لارسون [3] مدل برنامه ریزی پویا با توجه به مرحله ای بودن مسئله بهینه سازی بهره برداری از مخزن، به جای حل یک مسئله m متغیره، آن را به یک مسئله m مرحله ای تک متغیره تبدیل می کند که به روشهای

پسرو و پیشرو قابل حل خواهد بود. شریفی و شهیدی پور [1] خصوصیات برنامه ریزی پویا به این شرح در نظر گرفته اند که ابتدا مسئله اصلی به مسائل فرعی (که مراحل نامیده میشوند) تجزیه می گردد و هر مسئله فرعی به تنها بر مبنای انتخاب های متفاوتش بهینه می شود به طوری که هرگز لازم نمی آید که همه ترکیبات از پیش شمارش شوند. در مرحله بعدی چون بهینه سازی در مورد هر مسئله فرعی جداگانه صورت میگیرد همه ترکیبات نابهین منظمأ کنار گذاشته می شوند. در آخرین مرحله مسائل فرعی به طریق ویژه ای به هم پیوند می خورند به طوری که هیچگاه امکان ندارد که مسئله بر مبنای ترکیبات نشدنی بهینه شود.

نکات فوق بر حسب سه عنصر اساسی زیر در یک فرمولبندی برنامه ریزی پویا برگردانده می شوند:

الف- مرحله : بخشی از مسئله که قرار است برای آن تصمیم گیری شود.

ب- انتخاب های متفاوت (متغیرهای تصمیم گیری) در هر مرحله و تابع برگشت مربوط آنها :

تعیین انتخاب های گوناگون در هر مرحله یک امر ضروری جهت تعریف آن مرحله است و در نتیجه باید آنها به آسانی قابل تشخیص باشند. به هر مرحله یک تابع برگشت از متغیر تصمیم گیری آن مرحله نسبت داده میشود که ارزش هر انتخاب را ارزیابی می کند.

ج- وضعیت دستگاه در هر مرحله :

وضعیت دستگاه شاید مهم ترین مفهوم در یک مدل برنامه ریزی پویا باشد و آن پیوند بین مراحل با نمایش می دهد به طوریکه وقتی هر مرحله جداگانه بهینه می شود، تصمیم حاصله خود به خود برای تمامی مسئله امکان پذیر است. در این مقاله مرحله، فصول سال (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) و متغیرهای تصمیم گیری، میزان رهاسازی و میزان ذخیره مخزن در نظر گرفته شده است.

اکنون اهداف مقاله با استفاده از مدل برنامه ریزی پویا طبق نظر لاکس [4] به صورت زیر در نظر گرفته شده است: اولین هدف زمان مناسب آگیری سد، بوسیله حداقل سازی مجموع مربعات انحراف از نیاز تعیین شده است.

$$\text{minimize } f_1 = \sum_{t=1}^n D_t U_t^2 \quad (1)$$

تابع معادله بیان مخزن :

$$f_2 = S_t S_{t-1} U_t I_t E_t \quad (2)$$

$$t = 1, 2, \dots, n$$

در روابط فوق:

t فواصل زمانی (ماه)، D_t نیاز آبی هر ماه، U_t آب رها شده از مخزن در هر ماه، S_t ذخیره مخزن در هر ماه، K ظرفیت ذخیره مخزن، I_t ورودی به مخزن در هر ماه، E_t حجم آب تبخیر از مخزن در هر ماه، N افق برنامه ریزی می باشند. بنابراین، تابع برگشتی بصورت زیر خواهد بود:

$$f_3 = F_{t1} S_{t1} \min Z_t F_t S_t \quad (3)$$

که در آن $F_t S_t$ حداقل مجموع مربعات انحراف از نیاز از ابتدای ماه اول برنامه ریزی تا ابتدای ماه t ام می باشد.
 ب- هدف بهینه سازی بهره برداری، حداقل سازی میزان مجموع مربع انحرافات که با رابطه زیر مشخص شده است در نظر گرفته شده است که:

$$TSD_t = wr_t (TR_t - R_t)^2 + wfs_t \left[\left(\frac{S_t + S_{t+1}}{2} \right) - TSF_t \right]^2 + whs_t \left[\left(\frac{S_t + S_{t+1}}{2} \right) - THS_t \right]^2 \quad (4)$$

wr_t ضریب وزنی میزان رهاسازی که همواره برابر 1 می باشد، R_t میزان رهاسازی با توجه به حجم های ابتدا و انتهای مخزن، S_t حجم در ابتدای هر دوره، S_{t+1} حجم در انتهای هر دوره. wfs_t ضریب وزنی کنترل سیلاب که تنها برای فصل بهار 1 بوده و برای باقی فصلها صفر میباشد، TSF_t حجم مطلوب برای کنترل سیلاب، whs_t ضریب وزنی تولید انرژی برق-آبی، THS_t حجم مطلوب برای تولید انرژی برق-آبی می باشند.
 7- تابع برگشتی به صورت زیر تعریف گردید:

$$F_t^n(S_t, Q_t) = \min \sum_t^n TSD_t(S_t, R_t, S_{t+1}) \text{ overall feasible values of } R_t \quad (5)$$

نتایج و بحث:

در ابتدا مدل برنامه ریزی پویا برای زمان مناسب آبیگری سد، با فرضیات زیر در نظر گرفته شد:
 در رابطه با اراضی که از سد کرج تامین آب می شوند، با توجه به قابلیت کم آبیاری محصولات الگوی کشت، حداکثر کم آبیاری قابل تحمل برای محصولات به عنوان حد پائین محدوده امن در رهاسازی آب از مخزن در نظر گرفته شده است. حد بالای محدوده امن نیز تامین کامل نیاز سطح زیر کشت خواهد بود. جدول زیر نشان دهنده حد بالا و پائین محدوده امن در ماههای سال است.

جدول 1: حد بالا و پائین محدوده امن در ماههای سال

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
نیازآبی	0/15	1/15	1/8	1/9	1/3	0/8	0	0	0	0	0	0
حداقل تامین	0/1	0/8	1/3	1/4	1	0/6	0	0	0	0	0	0

ماخذ: یافته های تحقیق

برای آبیگری سد کرج سه سناریو در نظر گرفته می شود:

جدول 2: درصد آبیگری تصادفی در سناریوها

شماره	ماههای آبیگری	درصد آبیگری	متوسط حجم سالانه آبیگری
1	اسفند-فروردین-اردیبهشت-خرداد	13/9%	8
2	اسفند-فروردین-اردیبهشت	16/2%	8
3	فروردین-اردیبهشت-خرداد	16/8%	8

ماخذ: یافته های تحقیق

با اجرای مدل برنامه ریزی پویا برای هر کدام از سناریوهای آبیگری، نتیجه گیری می کنیم که هر دو سناریو یک و سه در محدوده امن قرار گرفته و نیاز پائین دست را تامین می کنند اما سناریو دو در ماههای شهریور نتوانسته حتی حداقل نیاز را تامین کند.

جهت بررسی کارایی سیستم شاخصهای درصد تامین اطمینان پذیری و مجموع مربعات انحراف از میانگین از نیاز در سناریوها برای کل دوره بهره برداری محاسبه شده و در جدول (3) آمده است. مقایسه سناریوها نشان می دهد سناریوی اول نسبت به دو سناریوی دیگر بهتر بوده و انتخاب این سناریو در افزایش درصد تامین و اطمینان پذیری و کاهش مجموع انحراف از نیاز در طول دوره بهره برداری موثر خواهد بود. همچنین مقایسه سناریوهای دوم و سوم نشان می دهد آبیگری در خرداد ماه در افزایش تامین و اطمینان پذیری موثرتر از آبیگری اسفندماه است.

جدول (3): شاخصهای درصد تامین اطمینان پذیری و مجموع مربعات انحراف از میانگین

شماره سناریو	ماههای آبیگری	درصد تامین کل	اطمینان پذیری با تامین 100 درصد	مجموع مربعات انحراف از نیاز $Z_{t_1}^n D_t U_t^x$
1	اسفند-فروردین-اردیبهشت-خرداد	82/8	70/2	76/3

119/7	60/1	80/1	اسفند-فروردین-اردیبهشت-	2
95	66/2	82/4	فروردین-اردیبهشت-خرداد	3

ماخذ: یافته های تحقیق

در مرحله بعدی، مدل برنامه ریزی پویا را با این فرضیات برای میزان بهره برداری بهینه از آب سد کرج به کار گرفته شد. در فرض اول حجم کل و مفید سد به ترتیب 187 و 180 میلیون مترمکعب در نظر گرفته و به حجم‌های 0، 60، 120 و 180 گسسته شده است. در فرض دوم حداقل ارتفاع آب در مخزن 140 به منظور تامین ارتفاع مناسب روی توربین در نظر گرفته شد. این ارتفاع با توجه به رابطه حجم- ارتفاع برابر با حجم 141 میلیون مترمکعب می‌باشد. در فرض سوم حجم لازم برای کنترل سیلابهای بهاره 39 میلیون متر مربع در نظر گرفته شد و در فرض چهارم هدف از تولید انرژی برق-آبی تنها تولید در ساعات پیک مصرف و با تمام توان نیروگاه در نظر گرفته شد که میزان رهاسازی برای تولید انرژی با توجه به ساعات پیک محاسبه گردید.

جدول (4) آزادسازی آب از سد برای اهداف مختلف و ذخیره آب برای تولید انرژی

ذخیره آب برای تولید انرژی	آزادسازی آب برای مصارف داخلی	آزادسازی آب برای کشاورزی	ذخیره آب	سایر اهداف آزادسازی	کل آزادسازی	
141	$62 \geq$	$53/6 \geq$	135	12/1	$115/6 \geq$	دوره اول
141	$84 \geq$	$46/1 \geq$		11/5	$130/1 \geq$	دوره دوم
141	$87 \geq$	$17 \geq$		13/8	$104 \geq$	دوره سوم
141	$88 \geq$	$7/8 \geq$		34/6	$95/8 \geq$	دوره چهارم

ماخذ: یافته های تحقیق

در ادامه میزان رهاسازی با توجه به وضعیت مخزن در ابتدا و انتهای هر دوره و با استفاده از معادله پیوستگی محاسبه گردید. در مرحله بعدی میزان مجموع مربع انحرافات کل با توجه به وضعیت مخزن در ابتدا و انتهای هر دوره محاسبه گردید، سپس میزان مجموع مربع انحرافات کل با توجه به وضعیت مخزن در ابتدا و انتهای هر دوره محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از اطلاعات بالا و رابطه برگشتی برای 10 فصل متوالی حجم های مربوطه محاسبه گردید، نتایج محاسبه در جدول شماره (2) آورده شده است.

جدول (5) آزادسازی و ذخیره ابتدائی و انتهائی فصل ها

حجم ذخیره نهائی فصل				آزادسازی فصل				ذخیره ابتدائی
4	3	2	1	4	3	2	1	
180	180	180	180	0	0	0	85/6	0
60	180	180	180	55/32	0	0	145/6	60
60	120	120	180	115/385	42/44	80/18	205/6	120
120	120	180	180	115/385	102.40	79/52	265/6	180

ماخذ: یافته های تحقیق

مطابق جدول (2)، با توجه به اینکه متغیر تصمیم (حجم ذخیره سد در انتهای دوره) برای S4, S3, S2, S1 به ترتیب (با مقادیر 180, 60, 60, 120) به مقادیر نهائی و ثابت شده، رسیده است. می توان نتیجه گرفت جدول فوق جواب بهینه را برای متغیر تصمیم نشان می دهد.

نتایج :

با تدوین سیاست مناسب آگیری سد کرج در سناریوهای تعریف شده مشاهده می شود با در نظر گرفتن شاخصهای تامین کل اطمینان پذیری و مجموع مربعات انحراف از نیاز سناریو یک نتایج بهتری نسبت به سناریوهای دوم و سوم می دهد. سناریو یک، شاخصهای تامین کل تغییر نکرده و اطمینان پذیری 6 درصد افزایش داشته است. همچنین سناریو یک مجموع مربعات انحراف از نیاز را در طول دوره بهره برداری نسبت به سناریو دو 36 درصد و نسبت به سناریو سه 20 درصد کاهش داده است. بنابراین در حجم ثابت آگیری در سال، افزایش تعداد ماههای آگیری و کاهش درصد آگیری، بهبود کارائی سیستم را بدنبال خواهد داشت. بررسی و مقایسه نتایج سناریوهای دوم و سوم نشان می دهد آگیری در ماه خرداد در مقایسه با اسفند باعث افزایش 3 درصد تامین کل، افزایش 10 درصد اطمینان پذیری و کاهش 21 درصدی مجموع مربعات انحراف از نیاز در طول دوران بهره برداری می شود. بنابراین نزدیک بودن ماههای آگیری، پیک مصرف نیز باعث بهبود کارائی سیستم خواهد شد. در رابطه با بهره برداری بهینه پس از ده تکرار با تثبیت نتایج به جوابهای بهینه دست می یابیم.

پیشنهاد می شود برای کسب جوابهای بهینه نهائی، با استفاده از داده های تاریخی، نتایج بدست آمده شبیه سازی شود و میزان کارائی (اعتماد پذیری برگشت پذیری و آسیب پذیری) مدل محاسبه شود.

منابع:

- [1] شریفی، م. و شهیدی پور، م. (1380). تحلیل سیستمهای منابع آب. دانشگاه فردوسی مشهد.
- [2] کارآموز، م. (1382). برنامه ریزی و مدیریت کیفی سیستمهای منابع آب. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- [3]. Larson, R.E. and Korsak, A.J. (1970). A Dynamics Programming successive approximation technique with convergence proofs, Automatic 6, 245-252.

[4]. Loucks, D.P., E. Van Beek, J. R. Stedinger, and J. P. M. Dijkman, "Water Resources Systems Planning and Management," Unesco Publishing, January 2006.

[5]. Ponnambalam, K., Adams B.J. (1996). Stochastic Optimization of Multi-reservoir System using a heuristic Algorithm, Water Resource Research, 32(3), 773-741

[6]. Stedinger, J.R. (1984). " Stochastic Dynamic Programming Models for reservoir operation optimization. "Water Resource Research. 20(11), 1499-1505

Archive of SID

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله