Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
سال دوازدهم ـ شماره پنجم ـ آذر- دی ۱۳۸٤
www.magiran.com/jasnr

بهره‌برداری بهینه از مخزن با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی و کاربرد آن در سد وشمگیر

محمد رضا نجفی[۱]، جعفر هاشم پور[۲] و مجید خیاط خلقی[۳]

[۱]استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران کرج، [۲]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری دانشکده‌کشاورزی دانشگاه تهران کرج، [۳]استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران کرج

تاریخ دریافت: ۸۲/۲/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸٤/۳/۱

چکیده

سدهای بزرگ و کوچک ساخته شده در ایران که اکنون در حال بهره‌برداری می‌باشند یا فاقد قانون بهره‌برداری اصولی و مناسب هستند و یا به‌دلیل تغییر در حجم تقاضا و حجم مخزن از زمان ساخت تاکنون، دستورات بهره‌برداری آنها تغییر کرده است. لذا برای استفاده صحیح و اصولی از جمله مخازن سدها، باید یک سیاست بهره‌برداری صحیح و اصولی تعیین شود. سد وشمگیر نیز پس از حدود۳۰ سال بهره‌برداری دچار کاهش حجم ذخیره شده و نیازهای پایین‌دست آن تغییر کرده است. لذا این تحقیق با هدف بررسی وضعیت فعلی بهره‌برداری و ارائه سیاست بهره‌برداری بهینه و مناسب برای مخزن سد صورت گرفته است. بر همین اساس با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی، مدل بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن سد مورد نظر توسعه داده شد. با استفاده از داده‌های جریان ورودی و نیازها و تبخیر شبیه‌سازی سیستم مخزن انجام گرفت و منحنی‌های فرمان با قابلیت‌های اعتماد۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد برای بهره‌برداری بهینه و مناسب از مخزن ارائه گردید. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که سیاست بهره‌برداری کنونی مخزن تنها در ماه‌های پرآب توانایی تأمین نیازها را دارد، در صورتی‌که ماه‌های بحرانی مصرف، ماه‌های کم‌آب هستند. ضمن این‌که در این سیاست روی سیلاب‌های احتمالی مدیریتی اعمال نشده و سرریزهای شدیدی در تعدادی از ماه‌ها و سال‌های آماری دیده می‌شود. میزان ذخیره مخزن با استفاده از برنامه‌ریزی خطی در حدود ۱۷ درصد بیشتر از روش بهره‌برداری کنونی مخزن برآورد گردید. میانگین تأمین نیاز ماهانه با استفاده از روش‌های بهره‌برداری S و SQ به‌ترتیب درحدود ٤٦/۲۳ و ٤۷/٦۳ درصد، می‌باشد در صورتی‌که این مقدار در روش بهره‌برداری کنونی مخزن در حدود ۳۸/۷ درصد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی خطی، بهینه‌سازی، شبیه‌سازی، بهره‌برداری از سد، منحنی فرمان و سد وشمگیر

مقدمه

برای استفاده صحیح و اصولی از منابع طبیعی و از جمله مخازن سدها، باید سیاست‌های بهره‌برداری صحیح و اصولی تعیین شوند. مسئله رسوبگذاری در مخازن و کاهش حجم آن از یک طرف و روند رو به رشد جمعیت و افزایش اراضی زیر کشت ناشی از آن و تغییر و تنوع الگوی کشت از طرف دیگر، همه باعث افزایش حجم تقاضا می شوند که به تبع آن لازم است سیاست بهره برداری و تقاضا از مخزن تغییر کند. بنابراین برنامه بهره‌برداری از مخزن سد وشمگیر نیاز به بازنگری داشته تا مقادیر هدف و برنامه بهره برداری از مخزن، به روز شود. برای

www.SID.ir

Archive of SID

این‌کار استفاده از روش‌های بهینه سازی درجهت تخصیص و توزیع کمبود آب، امری اجتناب ناپذیر است.

حجم مخزن از زمان ساخت تاکنون در اثر رسوبگذاری کاهش یافته است و نظر به افزایش جمعیت و تغییر الگوی کشت حجم تقاضا برای آب و نیاز افزایش یافته ولی در مورد بهره‌برداری مناسب از آن تا کنون کار اصولی صورت نگرفته است. از این رو، بازنگری در سیاست بهره‌برداری کنونی مخزن امری ضروری می‌باشد. لذا اعمال مدل‌های ریاضی مانند استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی و مدل بهینه‌سازی قیود احتمالی و آنالیزهای شبیه‌سازی، برای ارائه منحنی‌های فرمان بهره‌برداری از سد بر اساس سیاست‌های استاندارد تصمیم‌گیری خطی و قابلیت‌های اعتماد مختلف، امری اجتناب ناپذیر است. هدف این تحقیق به‌کارگیری روش‌های نوین بهره‌برداری از مخازن سدها و جایگزینی آن با روش‌های قبلی و معمول بهره‌برداری از مخزن سد وشمگیر می‌باشد. بدیهی است در این تحقیق روش‌های بهره‌برداری برنامه‌ریزی خطی ارائه شده با روش بهره‌برداری فعلی مخزن مورد مقایسه قرار گرفته است.

تحقیقات زیادی در زمینه گسترش مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در منابع آب صورت گرفته که می‌توان به مدل CRSS[1] اشاره کرد که توسط دایره عمران در دهه ۱۹۷۰ توسعه، یافته است (رالف،[2] ۱۹۹۲). مدل PRISM[3] نیز یک مدل شبیه‌سازی می‌باشد که توسط یک تیم تحقیقاتی در دانشگاه جانزهاپکینز[4] در سال ۱۹۸۰ توسعه یافته و این مدل برای شبیه‌سازی دوره‌های خشکسالی در حوزه رودخانه پوتاماک استفاده شده است(رالف ۱۹۹۲). گروه مهندسان ارتش آمریکا در سال ۱۹۸۲، مدل‌های HEC3 و HEC5 را برای شبیه‌سازی ماهانه کنترل سیل و بهره برداری از ذخیره مخزن، طراحی کردند (رالف ۱۹۹۲). چارلز ری‌ولی[5] در سال ۱۹۶۹ به‌وسیله برنامه‌ریزی خطی و به کمک یک روش تصمیم‌گیری خطی (LDR)[6] اقدام به طراحی و مدیریت مخزن نمود. اودر این روش تصمیم‌گیری خطی، مقدار خروجی از مخزن را در طول دوره بهره‌برداری، اختلاف بین ذخیره موجود مخزن در ابتدای دوره و پارامتر تصمیم‌گیری در نظر گرفت و پارامتر تصمیم‌گیری بوسیله حل برنامه‌ریزی خطی مشخص گردید. لاکس[7] درسال ۱۹۷۰ اقدام به کاربرد مدل خطی با محدودیت احتمالی و معادل قطعی آن برای حل مسائل سیستم مخازن نمود. ری‌ولی و همکاران در سال ۱۹۷۵، ری‌ولی و همکاران در سال ۱۹۷۹، هوک[8] و همکاران در سال ۱۹۸۱ و استدینگر[9] در سال ۱۹۸٤، از روش‌های تصمیم‌گیری خطی تک و چندتایی[10] و سیاست بهره‌برداری استاندارد(SOP)[11] و حداقل فراوانی شکست (MFF)[12]در طراحی و مدیریت و بهره‌برداری از مخزن استفاده نمودند. یه[13] درسال ۱۹۸۵ برنامه‌ریزی خطی با قیود احتمالی، که ری‌ولی و همکاران اولین بار مورد استفاده قرار دادند را، بهترین روش احتمالی معرفی نمودند. نیشی‌کاوا[14] در سال ۱۹۹۸ یک مدل شبیه‌سازی- بهینه‌سازی را برای مدیریت بهینه مخازن آب شهر سانتاباربرا[15] در دوره خشکسالی، توسعه داد. این مدل شبیه‌سازی- بهینه‌سازی در سیاست بهره‌برداری سه مخزن به‌کار برده شد و حساسیت مدل نسبت به نیاز، ذخیره،

1-Colorado River Simulation System
2-Ralph
3-Potomac River Interactive Simulation Model
4-Johns Hopkins

5-Revelle
6-Linear Decision Rule
7-Loucks
8-Houck
9-Stedinger
10-Multiple LDR
11-Standard Operation Policy
12-Minimum Failure Frequency
13-Yeh
14-Nishikawa
15-Santa Barbara

www.SID.ir

Archive of SID

تنش‌ها و حجم مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین ساهو[1] همکاران در سال ۲۰۰۱ برای تصمیم‌گیری بهینه در طرح‌های آب و گیاه دریک سیستم آبیاری در تایلند مدلی را بر پایه روش برنامه‌ریزی خطی تشریح نمودند. نتایج مدل با داده‌های مشاهده‌شده در یک فصل خشک مورد مقایسه قرار گرفت و یک الگوی تخلیه آب مخزن ارائه شد. جیانگزیا[2] و همکاران در سال ۲۰۰۲ با استفاده از روش OOP[3] یا روش برنامه‌ریزی شیءگرا و برنامه ویژوال بیسیک و نرم‌افزار اکسس[4]، یک مدل شبیه‌سازی-بهینه‌سازی را برای کنترل سیل ارائه نمودند. مدل شامل یک تابع هدف چندگانه در مورد کنترل سیل و تنظیم دریچه‌های سد و تجربیات مدیر بهره‌برداری از سد می‌باشد. این مدل برای بهره‌برداری از سد آنکانگ[5] در چین به‌کار برده شد.

مواد و روش‌ها

مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی و مدل‌های برنامه‌ریزی خطی نمایانگر اهمیت این روش‌ها در بهره‌برداری بهینه و اصولی از منابع آب، می‌باشند. لذا در این تحقیق از الگوهای برنامه‌ریزی خطی ارائه سیاست‌های بهره‌برداری بهینه استفاده شده است. برای شبیه‌سازی سیستم مخزن از داده‌های جریان ورودی، تلفات تبخیرو نیازهای پایین دست سد وشمگیر استفاده شد و روابط هر دو سیاست تصمیم گیری مورد استفاده قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه: سد وشمگیر در استان گلستان در ۵۳ کیلومتری شمال شرقی گرگان و در طول جغرافیایی ´۳۶ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۳ °۳۷ شمالی، در محلی بنام سنگرسوار بر روی رودخانه گرگان‌رود احداث گردیده است. هدف از احداث این سد، آبیاری و آبرسانی برای توسعه امر کشاورزی نظیر قابل کشت نمودن زمین‌های شور، تبدیل کشاورزی دیم به آبی وآبیاری پایین‌دست دشت گرگان و زمین‌های مجاور بوده است. در حال حاضر، حجم کل مخزن در حدود ٦٦ میلیون متر مکعب می‌باشد. وسعت حوزه آبریز این رودخانه ۱۰۲٦۰ کیلومتر مربع بوده و میانگین حجم آبدهی سالانه آن درحدود ۳۳۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. میانگین بارندگی منطقه ۳۳۰ میلی‌متر و کل تبخیر سالیانه در حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. متوسط تبخیر منطقه و حجم آبدهی گرگان‌رود در جدول ۱ ارائه شده است.

شبکه آبیاری گرگان (وشمگیر): شبکه آبیاری و زهکشی سد وشمگیر دارای دو کانال اصلی ساحل راست و چپ است. مساحت ناخالص تحت پوشش این شبکه در حدود ٤۰ هزار هکتار و سطح خالص آن ۲۰ هزار هکتار می‌باشد که از این مساحت ، ۷ هزار هکتار مربوط به مزرعه نمونه ارتش می‌باشد. آب مخزن بوسیله دو ایستگاه پمپاژ به کانال اصلی سمت راست (با دبی ۱۳/۲ مترمکعب در ثانیه) و سمت چپ (با دبی ٦/٦ متر مکعب در ثانیه)، پمپاژ می‌شود. الگوی کشت غالب منطقه و مساحت زیر کشت آنها در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین نمودار تغییرات کمی مقادیر متوسط ماهیانه مصرف آب در شبکه آبیاری وشمگیر در طول دوران بهره‌برداری در شکل ۱ ارائه شده است (پرهامی ۱۳۷۸).

1-Sahoo
2-Jiangxia
3-Object Oriented Program
4-Microsoft Access
5-Ankang

www.SID.ir

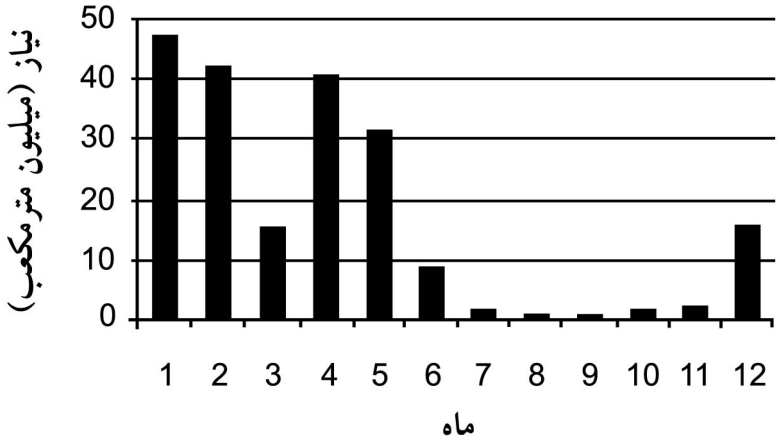
Archive of SID

جدول ۱- متوسط تبخیر منطقه (mm) و حجم آبدهی گرگان‌رود (MCM).

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مجموع
تبخیر	۱۰۶/۷۲	۱۸۸/۷۷	۲۵۲/۲	۲۴۰/۲۸	۲۵۶/۵	۲۱۱/۲	۱۲۹/۹۸	۷۴/۲۵	۴۷/۰۲	۴۱/۴۷	۴۸/۳۸	۵۹/۲۱	۱۶۵۱/۹۸
آبدهی	۷۸/۴	۴۳/۱	۷/۰۳	۵/۴۸	۱۵/۴۸	۱۵/۰۱	۱۴/۳	۲۵/۷	۲۷/۹	۳۳/۶	۳۰/۸۶	۴۷/۵	۳۴۴

جدول ۲- الگوی کشت و سطح زیرکشت منطقه (هکتار).

نوع کشت	ساحل راست	ساحل چپ	مزرعه نمونه	مجموع
گندم و جو	۴۹۱۰	۴۱۳۱	۳۵۰۰	۱۲۵۴۱
پنبه	۴۳۴۰	۲۴۹۷	۷۵۰	۷۵۸۷
ذرت علوفه‌ای	–	–	۵۰	۵۰
یونجه	–	–	۱۰۰	۱۰۰
مجموع	۹۲۵۰	۶۶۲۸	۴۳۱۰	۲۰۱۸۸



شکل ۱- تغییرات کمی مقادیر متوسط ماهیانه مصرف آب در شبکه آبیاری وشمگیر.

سیاست‌های تصمیم‌گیری خطی: سیاست‌های تصمیم گیری خطی به دو صورت معین و احتمالی به‌کار می‌روند. طی سالیان سیاست تصمیم‌گیری خطی که برداشت را به ذخیره و پارامترهای تصمیم‌گیری مرتبط می‌سازد، به‌صورت فرضیات محکمی در کاربرد برنامه‌ریزی خطی با قیود شانس در بهره‌برداری و طراحی مخزن در آمده که به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

الف) سیاست تصمیم‌گیری نوع S: اولین بار ری‌ولی در سال ۱۹۶۹، LDR را برای بهره‌برداری و طراحی مخزن به‌صورت زیر ارائه نمود.

$$R_t = S_{t-1} - b_t \qquad (۱)$$

که در آن R_t برداشت در دوره t، S_{t-1} ذخیره در پایان دوره $t-1$ و b_t پارامتر تصمیم‌گیری می‌باشد.

ب) سیاست تصمیم‌گیری نوع SQ:

لاکس در سال ۱۹۷۰ LDR زیر را پیشنهاد نمود:

$$R_t = S_{t-1} + Q_t - b_t \quad \text{که} \quad Q_t \qquad (۲)$$

ورودی دوره حاضر می‌باشد.

این سیاست، مدل توسعه یافته نوع S می‌باشد و برداشت در هر دوره بستگی به ذخیره اصلی آن دوره یعنی S_t و جریان ورودی دوره حاضر Q_t و یک پارامتر تصمیم‌گیری غیرمنفی b_t دارد. سیاست SQ بر این فرض استوار است که یک پیش‌بینی کامل از جریان‌های ورودی حوزه در اختیار باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد مدل‌های احتمالی در سیستم مخـازن: مـدل‌هـای شانس محدود برای بهینه‌یابی سیستم مخزن توسط ری‌ولی در سال ۱۹۶۹ پایه‌گذاری شد. ایـن مـدل‌هـا از دو سـری توابع حد تشکیل شده‌اند. یک سری از این توابـع حـدود برداشت از مخزن را محدود می‌سازد و سری دیگر حدود برداشت از مخزن را معین می‌کند. این توابع همچنین بایـد درصـد مـواقعی کـه برداشـت و حجـم مخـزن بـرآورده نمی‌شود را مشخص کنند.

در سیستم مخازن معادله پیوستگی برای ذخیره برداشت آب، بصورت زیر می‌باشد:

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - R_t \qquad (۳)$$

توزیع احتمالی ورودی‌ها از داده‌های تاریخی تخمین زده می‌شود. ولی توزیع احتمالی R_t و S_t بستگی به سیاست بهره برداری دارد. با فرض اینکه حجم S_t مخزن با احتمال α بین $S_{\min}$ حجم کمینه و $S_{\max}$، حجم بیشینه مخزن باشد، با توجه به شرایط احتمالاتی توابع حد خواهیم داشت:

$$prob[S_t \geq S_{\min}] \geq \alpha_t \qquad (٤)$$

$$prob[S_t \leq S_{\max}] \geq \alpha_t \qquad (٥)$$

همچین با فرض اینکه R_t با احتمال β بین $R_{\min}$ و $R_{\max}$، برداشت‌های کمینه و بیشینه از مخزن باشد، روابط زیر حاصل می شود:

$$prob[R_t \geq R_{\min}] \geq \beta_t \qquad (٦)$$

$$prob[R_t \leq R_{\max}] \geq \beta_t \qquad (٧)$$

در توسعه مدل بهره‌برداری از مخزن از روابط (٤) تا (٧) و سیاست‌های نوع S و نوع SQ، استفاده شد. در توسعه این مدل تابع هدف به‌صورت بیشینه‌سازی خروجی از مخزن با توجه به سیاست‌های اعمال‌شده در نظر گرفته شد. قیود استفاده شده در مدل شامل حجم مرده مخزن در تراز حداقل و حجم بیشینه مخزن می‌باشد. برای دستیابی به سیاست تصمیم‌گیری نوع S، با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۳) روابط زیر بدست می‌آید:

$$S_t = Q_{t-1} + b_{t-1} \qquad (٨)$$

$$R_t = Q_{t-1} + b_{t-1} - b_t \qquad (٩)$$

برای اینکه رابطه احتمالی این سیاست بدست آید، با جایگذاری رابطه (۸) در (٤) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$prob[Q_{t-1} \geq S_{\min} - b_{t-1}] \geq \alpha_t \qquad (١٠)$$

رابطه احتمالی فوق را می‌توان بصورت معین زیر نیز نوشت:

$$q_{t-1}^{\alpha_t} \geq S_{\min} - b_{t-1} \qquad (١١)$$

و با جایگذاری رابطه (۸) در رابطه (۵) داریم :

$$prob[Q_{t-1} \leq S_{\max} - b_{t-1}] \geq \alpha_t \qquad (١٢)$$

$$q_{t-1}^{\alpha_t} \leq S_{\max} - b_{t-1} \qquad (١٣)$$

در سیاست تصمیم‌گیری نوع SQ، روابط احتمالی (٤) و (۵) که حدود تغییرات ذخیره را محدود می‌کنند، به‌صورت قطعی خواهند بود.

برای دستیابی به سیاست تصمیم‌گیری نوع SQ، با استفاده از رابطه‌های (۳) و (۲) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S_{t+1} = b_t \qquad (١٤)$$

و با جایگذاری رابطه (١٤) در رابطه (۲) خواهیم داشت:

$$R_t = Q_t + b_{t-1} - b_t \qquad (١٥)$$

با جایگذاری رابطه (١٥) در رابطه احتمالی (٦) و (٧) خواهیم داشت:

$$prob[Q_t + b_{t-1} - b_t \geq R_{\min}] \geq \beta_t \qquad (١٦)$$

$$prob[Q_t + b_{t-1} - b_t \leq R_{\max}] \geq \beta_t \qquad (١٧)$$

و مدل قطعی این روابط بصورت زیر خواهد بود:

$$q_t^{\beta_t} \geq R_{\min} + b_t - b_{t-1} \qquad (١٨)$$

$$q_t^{1-\beta_t} \leq R_{\max} + b_t - b_{t-1} \qquad (١٩)$$

که برای اجرای مدل $S_{\min} = 10,\ S_{\max} = 66$ تعریف شده‌اند. حداکثر خروجی مخزن $R_{\max}$ نیز برابر نیاز قرار داده شد. مقادیر α, β با توجه به بررسی‌های انجام شده از رایج‌ترین مقادیر آن که برابر ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۵و ۰/۰۵ می‌باشد، یعنی قابلیت‌های اعتماد ۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد، در نظرگرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

فرضیات مدل: در مطالعات بهره‌برداری سیستم‌های منابع آب از یک سری عوامل و اطلاعات و آمار استفاده می شود که این عوامل نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کنند و باید آنها را برای آینده پیش‌بینی نمود. لذا تعیین دقیق آنها مشکل و یا حتی در بعضی موارد غیر ممکن می‌باشد. به‌همین جهت در مدل‌های بهره‌برداری به ناچاراز فرضیات زیر استفاده شده است.

- تابع هدف این مدل بیشینه کردن خروجی از مخزن در نظر گرفته شد.
- از قابلیت‌های اعتماد رایج در بهره‌برداری مخزن یعنی ۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد استفاده گردید.
- این مدل به‌صورت تنظیم بین سالی عمل کرده و فاصله زمانی بهره‌برداری، ماه در نظر گرفته شده و در مدل از متوسط‌های ماهانه استفاده شده است.
- کل جریان ورودی به مخزن در ابتدای ماه وارد مخزن گردیده و آب سرریز شده احتمالی محاسبه می‌گردد.
- در حالت ابتدایی مخزن به‌صورت پر در نظر گرفته شد.
- حجم تبخیر از دریاچه بر اساس نمودار خطی‌شده مساحت- ارتفاع- حجم محاسبه گردید.
- نیازهای کشاورزی در طول دوره بهره‌برداری یکنواخت فرض شده است.
- میزان تأمین آب آبیاری از حجم فعال مخزن و بدون محدودیت صورت گرفته است.
- کاهش حجم مخزن در اثر تجمع رسوب یکنواخت فرض شده است.

نتایج و بحث

ناتوانی سیاست کنونی بهره‌برداری از مخزن وشمگیر درتأمین آب مورد نیاز برای کشاورزی و میزان کمبودهایی که در این زمینه وجود دارد از جمله دلایلی است که این تحقیق برای بازنگری در سیاست کنونی و ارائه سیاست بهره‌برداری مناسب و اصولی صورت گرفته است.

آمار مربوط به بهره‌برداری از سد از سازمان مدیریت منابع آب و همچنین سازمان آب استان گلستان و مسئولان بهره‌برداری از سد و آمار مربوط به نیازهای کشاورزی نیز از اداره کشاورزی منطقه و کل نیاز پایین‌دست که با توجه به الگوی کشت و سطح زیر کشت اراضی بدست آمده بود، استحصال گردید. نیازهای کشاورزی مطابق آمار ارائه شده توسط اداره کل آب استان گلستان بوده و در طول دوره بهره‌برداری یکنواخت فرض شده است. حداکثر رقوم ارتفاعی مخزن با در نظر گرفتن شرایط سیلاب و حداقل تراز مخزن بعنوان قیود محدود کننده حجم مخزن و ذخیره آن در نظر گرفته شدند. حداکثر میزان تخلیه از مخزن نیز برابر با نیازها در نظر گرفته شد و به‌عنوان قیدی در مدل بکار برده شد. در مدل سرریزها در صورتی اتفاق می‌افتادند که ظرفیت ذخیره مخزن در حالت پر باشد. کل جریان ورودی به مخزن در ابتدای ماه وارد مخزن گردیده و آب سرریز شده احتمالی محاسبه گردید. حجم تبخیر از دریاچه بر اساس نمودار خطی‌شده مساحت- ارتفاع- حجم محاسبه شده است.

برای شبیه‌سازی مخزن یک برنامه کامپیوتری به‌زبان برنامه‌نویسی فرترن، تدوین و اجرا شد. با استفاده از سیاست‌های بهره‌برداری نوع S (ری‌ولی، ۱۹۶۹) وSQ(لاکس،۱۹۷۰) و نرم‌افزار لینگو (لیندو، ۲۰۰٤)[1] بهینه‌سازی در مورد بهره‌برداری از مخزن صورت گرفت. تابع هدف این سیاست تخلیه هرچه بیشتر از مخزن با در نظر گرفتن پارامتر تصمیم‌گیری قرار داده شد (پارامترهای تصمیم‌گیری بدست آمده از مدل بهینه‌سازی مربوط به سیاست‌های S و SQ در جدول ۳ آورده شده است). آنگاه نتایج بدست آمده از مدل شبیه‌سازی شده که مربوط به بهره‌برداری کنونی مخزن می‌باشد با سیاست‌های

1- LINDO

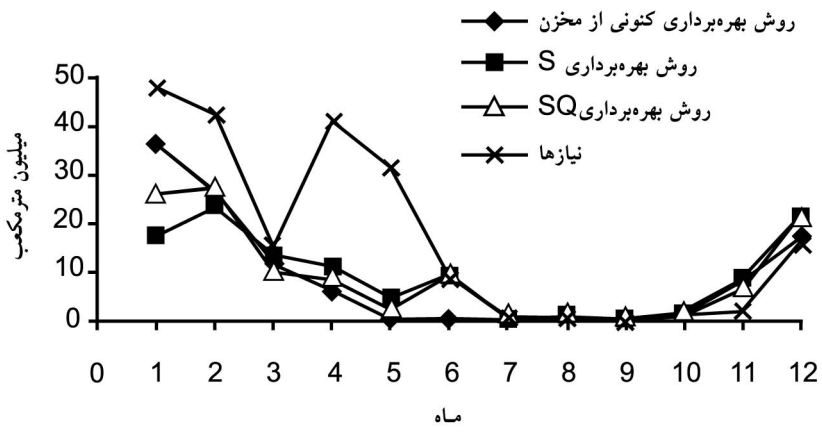
www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌برداری ارائه شده مورد مقایسه قرار گرفتند. در این مدل حالت اولیه مخزن بصورت پر در نظر گرفته شد. میزان تأمین آب آبیاری از حجم فعال مخزن و بدون محدودیت صورت گرفته است و کاهش حجم مخزن در اثر تجمع رسوب یکنواخت فرض شده است.در ارائه نتایج از قابلیت‌های اعتماد رایج در بهره‌برداری مخزن یعنی ۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد استفاده گردید. نتایج نشان دادند که میانگین تخلیه در روش SQ در حدود ۹/۵۲ و در روش S، ۹/۱۲ میلیون متر مکعب می‌باشد، در صورتی که در روش بهره‌برداری کنونی مخزن میزان تخلیه ۸/۸۸ میلیون متر مکعب بوده است. در شکل ۲ میزان تخلیه بدست آمده از روش‌های مختلف بهره‌برداری ارائه گردیده است. سیاست بهره‌برداری کنونی مخزن تنها در ماه‌های پرآب توانایی تأمین نیازها را دارد. اما میزان کمبودهای بدست آمده از روش SQ به‌طور متوسط در حدود ۱٤/۸۵ می‌باشد که در تمامی سال‌ها از روش‌های دیگر کمتر است. در روش کنونی بهره‌برداری به‌دلیل اینکه در ماه‌های پرآب در مورد ذخیره آب مخزن مدیریتی اعمال نمی‌شود هیچ‌گونه تضمینی در تأمین نیازها در ماه‌های کم‌آب وجود ندارد. دراین سیاست روی سیلاب‌های احتمالی مدیریتی اعمال نشده و سرریزهای شدیدی در ماه‌ها و سال‌های آماری دیده می‌شود.

جدول ۳- پارامترهای تصمیم‌گیری در سیاست‌های S و SQ (میلیون‌متر مکعب).

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
SQ	٥١/٩٠	٤٨/٧١	٤٩/٢٤	٤٤/٦٨	١٩/٠٩	١٦/٨٨	١٧/١٥	٢٠/٨٥	٢٦/٢١	٣١/٦١	٣٥/٤٨	٣٨/١٠
S	١٠/٨٦	٢١/٠١	٣١/٥٤	٣١/٥٤	٢٤/٧	١١/٩٤	١/٤٤	١٠/٠	١٣/٩٤	١٩/٢٢	١٨/٤٤	٨/٦٨



شکل ۲- تخلیه بهینه حاصل از روش‌های S و SQ.

میانگین ذخیره در روش S در حدود ۲۷/۷۳ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که این میزان در روش بهره‌برداری کنونی مخزن به حدود ۱۰ می‌رسد. میزان ذخیره مخزن در روش S و SQ در حدود ۱۷ درصد بیشتر از روش بهره‌برداری کنونی مخزن بدست می‌آید. با توجه به تخلیه‌های صورت گرفته و میزان نیاز، نتایج نشان می‌دهند که میانگین درصد تأمین نیاز ماهانه با استفاده از روش‌های S و SQ به‌ترتیب درحدود ٤٧/٦٣ و ٤٩/٢٣ درصد می‌باشد در صورتی که این مقدار در روش بهره‌برداری کنونی مخزن در حدود ۳۸/۷ درصد می‌باشد.

مقایسه نتایج ارائه شده در شکل ۲ نشان می‌دهد که روشهای بهره برداری مبتنی بر بهینه‌سازی (ری‌ولی،

www.SID.ir

Archive of SID

۱۹۶۹؛ لاکس، ۱۹۷۰؛ جیانگزیا و همکاران، ۲۰۰۲) می‌توانند نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌های بهره‌برداری سنتی و مرسوم داشته باشند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق مستخرج از طرح "بهره‌برداری بهینه از مخزن سد وشمگیر با استفاده از برنامه‌ریزی خطی" و در راستای برنامه‌های قطب علمی آبیاری و آبادانی صورت گرفته است. بدین وسیله از حمایت مالی مسئولان این قطب علمی تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از همکاری سازمان مدیریت منابع آب کشور و مسئولان سازمان آب استان گلستان که در تهیه داده‌ها یاری نموده‌اند، تشکر به عمل می‌آید.

منابع

۱.پرهامی، م. ۱۳۷۸. مروری بر نارسایی‌های فنی شبکه زهکشی عمقی وشمگیر گرگان. کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۲۹۶ صفحه.

2.Houck, M.H., and Daha, B. 1981. Performance evaluation of a stochastic optimization. Water Resources Research. 17(4): 827-832.

3.Jianxia Chang, H., Qiang and Yimin, W. 2002. Study on the simulation-optimization model of reservoir flood operation based on object-oriented-program. Flood Defence Conf. China. 1473-1479.

4.Loucks, D.P. 1970. Some comments on linear decision rules and chance constraints. Water Resources Research. 11(6): 668-671.

5.LINDO. 2004. http:\www.lindo.com/main.html.

6.Ralph A., Wurbs. 1992. Reservoir-system simulation and optimization models. J. Water Resources Planing and Management. 119(4): 455-472.

7.Revelle, C. 1969. The linear decision rule in reservoir management and design, 1.development of stochastic model. Water Resources Research. 5(4): 767-777.

8.Revelle, C., and Gundelach, J. 1975. Linear decision rule in reservoir management and design, 4.a rule that minimizes output variance. Water Resources Research. 11(2): 197-203.

9.Revelle, C., and Kirby, W. 1979. The linear decision rule in reservoir management and design, 2.performance optimization. Water Resources Research. 6(4): 1033-1044.

10.Sahoo, G.B., Loof, R., Abernethy, C.L., and Kazama, S. 2001. Reservoir release policy for large irrigation system. J. of Irrigation and Drainage Engineering. 127(5): 302-310.

11.Stedinger, J.R. 1984. The performance of LDR models for preliminary design. Water Resources Research. 20(2): 215-224.

12.Nishikawa, T. 1998. Water resource optimization model for Santa Barbara, California. J. Water Resources Planing and Management. 124(5): 252-263.

13.eh, W.W. 1985. Reservoir management and operating models. J. Water Resources Research. 21(12): 1797-1818.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 12(5), Nov - Dec 2005
www.magiran.com/jasnr

Optimization of Reservoir Operation using linear programming and its application in Voshmgir reservoir

M.R. Najafi[1], J. Hashempour[2], and M. Khaiat-kholghi[2]
[1]Former M.Sc. Student and [2]Assist. prof. Dept. of Irrigation Engineering, College of Agriculture, Karaj, Tehran univ., Iran

Abstract

There are major and medium dams in Iran that have been already completed and they are being operated conventionally. To attain maximum benefits of them, it is imperative to regulate the reservoirs in the most efficient and judicious manner. This investigation deals with the development of an operation policy for Voshmgir reservoir located in Golestan province in Iran. This research has been aimed to serve water for irrigation purpose of Voshmgir project. Using inflow, demand and evaporation, reservoir simulation was performed. A linear programming model was developed for the reservoir to get the initial feasible solution. The developed optimization model is based on S and SQ rules. This model was applied for reservoir simulation and optimization using 25 years historical data. Rule curves were prepared using the reliabilities 50, 75, 85 and 95 percent. A comparison was made between the currently followed operation policies and the proposed operation policy. The results showed that current operation policy is unable to supply the demand in critical months and proper percautions are not taken into account for probable future floods. The reservoir water storage in proposed operation policies showed an increased of 17 percent more than practiced policy. The average monthly supply by using the S and SQ rules are approximately 47.63 and 49.23 percent, respectively while according to practiced policy this value is 38.7 percent.

Keywords: Linear programming; Optimization; Simulation; Reservoir operation; Rule curve and Voshmgir dam

www.SID.ir