مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد هجدهم، شماره اول، ۱۳۹۰
www.gau.ac.ir/journals

تعیین کمبود حجم بهینه مخزن سد وشمگیر در سیستم بهره‌برداری چندسدی

*مهدی مفتاح‌هلقی[۱]، امیراحمد دهقانی[۱]، ابوالفضل مساعدی[۲] و حمیدرضا اسلامی[۳]

[۱]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، [۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۲۶

چکیده

حجم مخزن سد وشمگیر به‌دلیل عمر طولانی و ورود رسوبات، به مقدار زیادی کاهش یافته است. بنابراین ضرورت دارد برای حفظ سرمایه‌گذاری انجام شده و تأمین کمبود آب اختصاص یافته، با توجه به سدهای احداث شده بالادست، چاره‌اندیشی شود. از این‌رو در این پژوهش به افزایش ظرفیت مخزن سد وشمگیر با توجه به دیدگاه سیستمی دو سدی گلستان و وشمگیر با به‌کارگیری روش‌های بهینه‌سازی در دو حالت شرایط فعلی و شرایط آتی (افق ۲۰ ساله از شروع بهره‌برداری) پرداخته شد. هچنین در این پژوهش، از روش گره‌بندی برای ساده‌سازی ساختار مسأله و از روش برنامه‌ریزی خطی برای حل مسأله بهینه‌سازی استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد در شرایط فعلی نیازی به افزایش حجم سد وشمگیر نمی‌باشد ولی در شرایط آتی به‌دلیل پرشدن سد گلستان از رسوبات طی سال‌های آتی، برای بهره‌برداری بهینه از سدهای گلستان و وشمگیر، افزایش ظرفیت حجم سد وشمگیر تا حدود ۹ میلیون مترمکعب جهت تأمین کلیه نیازهای آبی ضروری خواهد بود. همچنین نتایج نشان داد که روش برنامه‌ریزی خطی روشی کارآمد در برنامه‌ریزی منابع آب است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌برداری مخزن، سد وشمگیر، سد گلستان، برنامه‌ریزی خطی

* مسئول مکاتبه: meftah_20@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

افزایش جمعیت، محدودیت منابع آبی و توزیع غیریکنواخت آن، همچنین استفاده بی‌رویه از منابع آبی، از جمله مسایل مهم مطرح در زندگی بشر است. از این‌رو با بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که طراحی، اجرای صحیح، ذخیره‌سازی و بهره‌برداری مناسب مخازن آبی می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولیدات کشاورزی، افزایش میزان پرورش آبزیان و مهار سیلاب در مناطق سیل‌خیز داشته باشد (علیزاده، ۲۰۰۲). براساس نتایج پژوهش‌های انجام شده در سطح جهانی، علل ناکامی بسیاری از طرح‌های آبی به‌طور عمده مدیریت ضعیف، طراحی و اجرای نادرست و رعایت نکردن اصول بهره‌برداری و نگهداری بوده است (مفتاح‌هلقی، ۲۰۰۸).

روش‌های کمی‌سازی برای تعریف و ارزیابی طرح‌های مختلف منابع آب شامل انواع تکنیک‌های مختلف ریاضی می‌باشند. این تکنیک‌ها جزیی از موضوعات مطالعاتی مهمی مانند تجزیه و تحلیل سیستم‌ها، مهندسی سیستم‌ها، پژوهش در عملیات یا علم مدیریت هستند که هدف همگی آن‌ها مشابه هم است.

ممکن است تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده منابع آب شامل هزاران متغیر تصمیم و محدودیت باشد. بعد از تعریف اهداف و محدودیت‌ها، می‌توان از روش‌های متنوعی برای حل آن‌ها استفاده نمود. برای غلبه بر مشکل ابعاد، انواع مختلفی از روش‌های ترکیبی توسعه داده شده‌اند. یه (۱۹۸۵)، سیمونویچ (۱۹۹۲)، وربز (۱۹۹۳) و لابادیه (۲۰۰٤) ارزیابی جامعی از روش‌های بهینه‌سازی و کاربردهای آن‌ها انجام داده‌اند و نتیجه گرفتند که هنوز هم یک الگوریتم عمومی برای بهینه‌سازی وجود ندارد. انتخاب روش حل به خصوصیات سیستم مخازن در نظر گرفته شده، در دسترس بودن داده‌ها، اهداف و نوع محدودیت‌ها بستگی دارد.

در حال حاضر بهینه‌سازی یک روش اساسی مدیریتی محسوب می‌شود. چرا که از یک‌سو منابع و امکانات موجود، ثابت بوده و حتی در مواردی رو به کاهش می‌باشد و از سوی دیگر نیازها و درخواست‌ها رو به افزایش است. بنابراین، بحث استفاده بهینه از منابع به‌طور جدی مطرح می‌شود. روش‌های بهینه‌سازی با توجه به نیازهای موجود در اقتصاد، مدیریت و بخش‌های مختلف علوم و مهندسی شکل می‌گیرد. بسیاری از مسایل بهینه‌سازی مهندسی در جهان به‌خصوص در سیستم‌های تولید، به‌طور طبیعی بسیار پیچیده و مشکل هستند و نمی‌توان آن‌ها را به‌وسیله روش‌های بهینه‌سازی حل نمود. اگر بتوان در مدل‌سازی، توابع هدف و قیود را به‌صورت خطی معرفی نمود، در این‌صورت برنامه‌ریزی خطی یک راه‌حل بسیار کارآمد خواهد بود مضاف بر این‌که جواب‌های به‌دست آمده از برنامه‌ریزی خطی همیشه بهینه مطلق می‌باشد (کارآموز، ۱۹۹۲).

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از تکنیک‌های مطلوب بهینه‌سازی در مدل‌های سیستم مخـازن، روش سـیمپلکس مـی‌باشـد. در روش سیمپلکس تمامی معادلات شامل تابع هدف و محدودیت‌ها باید به‌صورت خطی باشند. در صورت غیرخطی بودن این معادلات، باید بـا اسـتفاده از روابطـی بـه‌صـورت خطـی تبـدیل شـوند. کاربردهـای برنامه‌ریزی خطی در مدیریت منابع آب از مسایل ساده تخصیص تا مسایل پیچیده بهره‌برداری و مدیریت منابع آب گزارش شده است. در شرایط خاصی می‌توان مسایل غیرخطی را از روش‌های خطی‌سازی حل نمود. مهم‌ترین مزایای برنامه‌ریزی خطی عبارتند از (باروس و همکاران، ۲۰۰۳):

۱- قابلیت حل مطلوب مسایل بزرگ مقیاس

۲- همگرایی به‌سمت پاسخ بهینه سراسری

۳- نیاز نداشتن به راه‌حل اولیه

٤- انجام آسان تحلیل حساسیت با توجه به نظریه دوگان

۵- راحتی حل مسایل.

به‌تازگی از روش‌های دیگر مانند مقیـاس‌دهـی الحـاقی[1] و بـرآورد نقطـه داخلـی[2] بـه‌جـای روش سیمپلکس برای حل مسایل بزرگ مقیاس استفاده شده است. از دیگر پیشرفت‌های انجام شده در زمینه برنامه‌ریزی خطی می‌توان به انواع مدل‌های توسعه‌یافته‌تر برنامه‌ریزی خطی ماننـد برنامـه‌ریـزی خطـی ۰ و ۱، صحیح و مختلط اشاره کرد که برای بیان عبارات غیرخطی و غیرمحدب در تابع هـدف و قیـود بسیار مفید هستند اما ممکن است از نظر محاسباتی کارایی کم‌تری داشته باشند (ترزوس و یه، ۱۹۸۹). هوک (۱۹۷۹) و کوزرا (۱۹۸۹)، فرم‌های مختلف برنامه‌ریزی خطی را برای بهره‌برداری مخزن پیـشنهاد دادند (نقل از لابادیه، ۲۰۰٤) همچنین سیرینیواسان و همکاران (۱۹۹۹)، از مدل برنامـه‌ریـزی صـحیح مختلط برای بهینه‌سازی مخزن استفاده کردند. دیگر محققان مانند نیدهام و همکـاران (۲۰۰۰) از روش برنامه‌ریزی خطی صحیح در بهره‌برداری کنترل سیلاب در رودخانه آیوا استفاده کردنـد. ایـن محققـان ذکر کردند که زمان محاسبات هنگام استفاده از ارزیابی‌های احتمالاتی بسیار افزایش می‌یابد. بـاروس و همکاران (۲۰۰۳) نیز از برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی سیـستم نیروگـاهی کـشور برزیـل اسـتفاده کردند. آن‌ها نتایج بهینه‌سازی را با دیگر روش‌های غیرخطی مقایسه و بیـان نمودنـد کـه برنامـه‌ریـزی خطی، پاسخ‌های قابل‌قبولی را ارایه کرده است.

1- Affine Scaling
2- Interior Projection Point

Archive of SID

www.SID.ir

تقریب قطعه‌ای خطی از توابع غیرخطی از دیگر مواردی است که بیش‌تر در برنامه‌ریزی‌های تفکیک‌پذیر مورد استفاده قرار گرفته است. توابع با بیش از یک متغیر با استفاده از روش‌های درون‌یابی چندخطی روی یک شبکه چندبعدی تقریب زده می‌شوند. کراولی و دندی (۱۹۹۳) از برنامه‌ریزی تفکیک‌پذیر برای بهینه‌سازی سیستم مخزن شهر آدلاید استرالیا استفاده کردند. علاوه‌بر موارد یادشده، کاربرد برنامه‌ریزی خطی در ایران هم توسعه‌یافته که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

محمدپور (۲۰۰۲) از برنامه‌ریزی خطی برای دست‌یابی به سیاست‌های بهینه بهره‌برداری ماهانه سیستم چندسدی و چندمنظوره استفاده نمود. وی نتیجه گرفت که اگر بتوان روابط حاکم بر سیستم را در برنامه‌ریزی خطی وارد نمود، نتیجه به‌دست آمده از بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی بسیار دقیق‌تر از نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی سیستم می‌باشد.

قربانی و همکاران (۲۰۰۶)، در مورد سدهای مخزنی مارون و جره از برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند. به‌دلیل اهمیت اهداف چندمنظوره سدها و همچنین موازی بودن سدهای یاد شده، هر دو مخزن به انضمام رودخانه اعلا به‌صورت سیستمی و یک‌پارچه با گام زمانی ماهانه توسط آن‌ها مدل گردیدند. در این پژوهش ۵۰۴۰ متغیر و ۲۵۲۰ معادله محدودیت در طول دوره آماری ۳۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به امکان احداث سد جدید در بالادست رودخانه اعلا، کل سدها به‌صورت سیستمی مدل شدند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که به‌دلیل استفاده از روابط خطی در سیاست مخزن، برنامه‌ریزی خطی می‌تواند نتایج خوبی را به همراه داشته باشد.

به‌دلیل اهمیت برنامه‌ریزی منابع آب و با توجه به ضرورت توسعه سد وشمگیر (برای انباشتگی زیاد رسوب در مخزن آن)، در این بررسی، کفایت حجم موجود مخزن سد وشمگیر با توجه به سد گلستان که در بالا دست آن احداث شده، مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که از سال ۲۰۰۵، مطالعات علاج‌بخشی سد وشمگیر توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان با هدف افزایش حجم مخزن سد وشمگیر شروع شده است ولی در این پژوهش، بدون توجه به روش‌های علاج بخشی سد وشمگیر، صرفاً کفایت حجم مخزن موجود و یا حجم قابل توسعه مخزن، مدنظر می‌باشد.

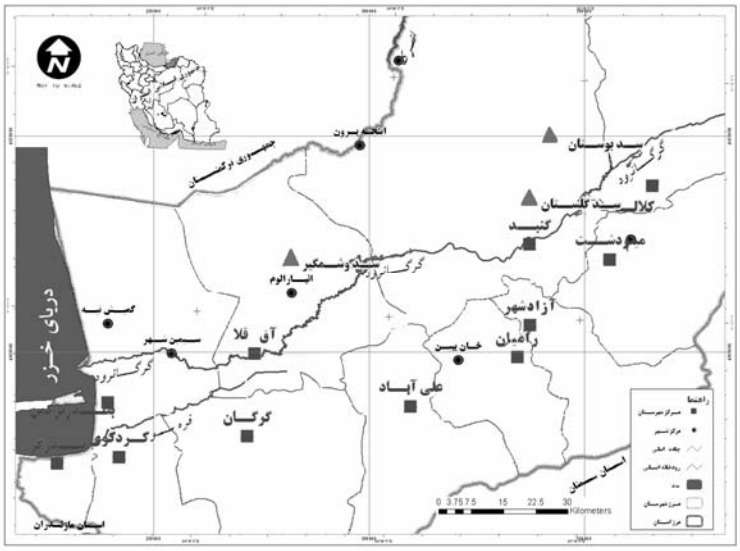
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه گرگان‌رود از ارتفاعات شرق و جنوب‌شرقی استان گلستان شروع و در نهایت به دریای خزر ختم می‌گردد. ارتفاعات این حوزه از حدود ۲۹۷۷ متر واقع در زیرحوزه قره‌چای تا

Archive of SID

www.SID.ir

۲۶- متر از سطح دریا متغیر می‌باشد. ۳ سد، بوستان، گلستان و وشمگیر بر روی رودخانه گرگان‌رود قرار گرفته است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ۳ سد، وشمگیر، گلستان و بوستان را نشان می‌دهد. سد وشمگیر در طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ٤٦ دقیقه شرقی و در عرض ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی در شمال‌شرقی شهر آق‌قلا و در فاصله ٤۲ کیلومتری این شهر و در محلی به‌نام سنگرسوار بر روی رودخانه گرگانرود احداث گردیده است. حوزه آبریز این سد تا محل احداث در حدود ۷۱٥٦ کیلومترمربع وسعت دارد و محیط آن ٤۹۷ کیلومتر می‌باشد. شیب متوسط حوضه ۲/۲ درصد، طول شاخه اصلی ۱٥۳ کیلومتر و زمان تمرکز آن ۳۹ ساعت و ۳٦ دقیقه است (یوسفی، ۱۹۹۱). سد مخزنی گلستان در بالادست سد وشمگیر و در محدوده دشت گرگان در حوالی روستای عرب سورنک در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول ٥٥ درجه و ۱٦ دقیقه شرقی در فاصله ۱٥ کیلومتری شمال‌شرقی گنبد کاووس واقع شده است. این سد روی شاخه اصلی گرگانرود احداث شده رودخانه‌های اوغان، دوغ، تمر و حاجی‌قوشان و نیز شاخه کوچک آق‌سو به آن می‌ریزد. خلاصه‌ای از متوسط جریان ورودی و نیازهای آبی ماهانه در محدوده مطالعاتی، در جدول ۱ ارایه شده است. در جدول ۲ نیز مشخصات سدهای وشمگیر و گلستان ارایه شده است (آب منطقه‌ای استان گلستان، ۲۰۰۰).



شکل ۱- نقشه موقعیت سدهای وشمگیر و گلستان.

www.SID.ir

جدول ۱- جریان متوسط ماهانه ورودی به مخازن و نیازهای آبی پایین‌دست (میلیون مترمکعب).

ماه	متوسط جریان ورودی به سد گلستان	نیاز آبی پایین‌دست سد گلستان	متوسط جریان محلی حدفاصل سد گلستان و شمگیر	نیاز آبی پایین‌دست سد وشمگیر	حداقل نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست	جمع نیاز
مهر	۹/٤	۰	۲/۲	۰	۱/۵	۱/۵
آبان	۱۸/۱	۷/۰۸	۸/۹	۰	۱/۵	۸/۵۸
آذر	۱۷/۵	۰	۱۱/٤	۰	۱/۵	۱/۵
دی	۱۸/۵	۰	۱۸/۸	۰	۱/۵	۱/۵
بهمن	۲۲/۷	۰	۲٦/۳	۰	۱/۵	۱/۵
اسفند	۲۹/۹	۹/۵	٤۲/٦	۱٦	۱/۵	۲۷
فروردین	٤۸	۱۲/۹۳	۵٤/۲	۱٦/٤۱	۱/۵	۳۰/۸٤
اردیبهشت	۳٤/۸	۲٦/۱۸	٤۹	۲٦/۰٦	۱/۵	۵۳/۷٤
خرداد	۱۸/٤	٤/۰۳	۱/۸	۰/٦۳	۱/۵	٦/۱٦
تیر	۱/٦	۱۳/۵٤	۵	۱۹/۷٦	۱/۵	۳٤/۸
مرداد	۱۰/۸	۱٤/٤	۱۱/۲	۱۹/۷٦	۱/۵	۳۵/٦٦
شهریور	٦	۸/۱٦	۱/۵	۰/٦۳	۱/۵	۱۰/۲۹
جمع	۲۳۵/۷	۹۵/۸۲	۲۳۲/۹	۹۹/۲۵	۱۸	۲۳۳/۱

جدول ۲- مشخصات سد وشمگیر و گلستان.

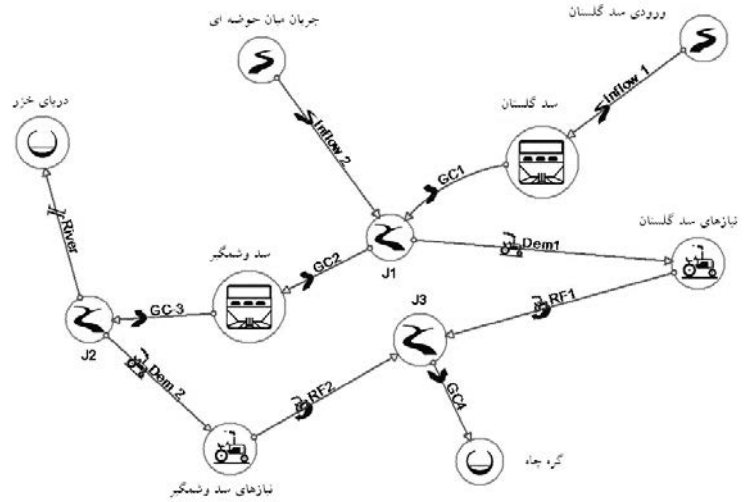
شرح	سد گلستان	سد وشمگیر
حجم مخزن در تراز نرمال	۸٦ میلیون مترمکعب	اصلی و فرعی ٤۲ میلیون مترمکعب
مساحت سطح دریاچه در تراز نرمال	۱۹ کیلومترمربع	۱۵ کیلومترمربع
حجم مخزن در سیلاب طراحی	۱۳۵ میلیون مترمکعب	٦٤/۵ میلیون مترمکعب
تراز سر ریز	٦۲ متر	۲۰ متر
تراز سد در سیلاب طرح	٦۵/۳۵ متر	۲۱/۵ متر
حداکثر ظرفیت سرریز	۱۵۵۰ مترمکعب در ثانیه	۱٤۰۰ مترمکعب در ثانیه

ساختار مدل بهره‌برداری سد وشمگیر و گلستان: در حقیقت شبیه‌سازی شرایط واقعی مخازن با توجه به تعداد بسیار زیاد متغیرها و المان‌های تصمیم‌گیری، غیرممکن می‌باشد ولی ضرورت این است که مدل ساده شده، با کلیات سیستم کاملاً سنخیت داشته و قابل‌حل باشد. لازم به ذکر است که ساده‌سازی نباید به گونه‌ای انجام گیرد که جواب‌ها غیرواقعی قلمداد گردند. اگر مدل دارای شرایط بالا باشد یک مدل مناسب ارزیابی می‌گردد (شریفی و شهیدی‌پور، ۲۰۰۰).

Archive of SID

www.SID.ir

گره‌بندی سیستم: برای ساده‌سازی ساختار مسأله برنامه‌ریزی منابع آب، در این پژوهش از روش گره‌بندی استفاده شده است. شماتیک این روش در شکل ۲ نشان داده شده است. روش‌های محاسبه و فرضیات مربوط به جریان‌های ورودی، نیازهای آبی و محدودیت‌های سیستم مانند حجم مخازن و حداقل دبی مورد نیاز رودخانه در قبل از ورود به دریای خزر، در بخش محدودیت‌ها در ادامه اشاره شده است.



شکل ۲- شماتیک مدل ساخته شده برای سیستم دو سدی گلستان و وشمگیر.

به‌طورکلی معادلاتی که در این پژوهش برای هر گره به‌کار رفته است عبارتند از:

- معادله بالانس یا موازنه جرمی: در مورد هر گره باید مجموع آب ورودی و آب خروجی برابر با صفر باشد. در صورتی‌که گره مخزن باشد، تغییرات بین جریان‌های بالا می‌تواند در حجم مخزن، ذخیره و یا از حجم، مصرف گردد (کارآموز، ۲۰۰۳).

- در یک بازه زمانی، مجموع جریان‌هایی که از نقطه ابتدایی خارج می‌شوند برابر با جریان‌هایی است که به نقطه انتهایی سیستم وارد می‌شوند. این روش به‌نام گره منبع و گره چاه معروف می‌باشد. تعداد کل گره‌ها در این مطالعات ٤ گره است که به‌ترتیب عبارتند از سد گلستان، سد وشمگیر، تامین نیاز آبی پایین‌دست سد گلستان تا سد وشمگیر و تأمین نیاز آبی پایین‌دست سد وشمگیر تا دریای خزر.

www.SID.ir

محدودیت‌ها: معادلات بیلان آبی سیستم دو مخزنه با در نظر گرفتن رابطه پیوستگی بین مخازن، معادلات تامین نیاز آبی و معادلات تبدیل حجم مخزن سدهای گلستان و وشمگیر به سطح دریاچه مخزن برای محاسبه تبخیر به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$-S(1,t+1)+S(1,t)-Dr(1,t)-Evp(1,t)\times Sur(1,t)-Vr(1,t)=-I(1,t) \quad (1)$$

$$-S(2,t+1)+S(2,t)-Dr(2,t)-Evp(2,t)\times Sur(2,t)-Vr(2,t)+Vr(1,t)=-I(2,t) \quad (2)$$

$$Dr(1,t)+SH(1,t)=DEM(1,t) \quad (3)$$

$$Dr(2,t)+SH(2,t)=DEM(2,t) \quad (4)$$

$$S_2S-S(1).S(1,t)-Sur(1,t)=-S_2S-I(1) \quad (5)$$

$$S_2S-S(2).S(2,t)-Sur(2,t)=-S_2S-I(2) \quad (6)$$

$$S_{\min}(1)\le S(1,t)\le S_{\max}(1) \quad (7)$$

$$S_{\min}(2)\le S(2,t)\le S_{\max}(2) \quad (8)$$

در رابطه‌های بالا، S: حجم مخزن، Dr: حجم خروجی از مخازن سد برای نیازهای پایین‌دست، Vr: حجم آب رها شده به‌سمت سد پایین‌دست یا دریای خزر، I: حجم ورودی به سد، DEM: حجم آب مورد نیاز پایین‌دست، SH: حجم کمبود آب سد، Evp: ارتفاع تبخیر، Sur: مساحت سطح دریاچه، S_2S-I: عدد ثابت خط برازش شده تبدیل حجم مخزن به مساحت سطح دریاچه، S_2S-S: شیب خط برازش شده تبدیل حجم مخزن به مساحت سطح دریاچه، S_{min}: حداقل حجم مخزن و S_{max}: حداکثر حجم مخزن می‌باشد. ابعاد (t و ۱) و (t و ۲) به‌ترتیب مربوط به سدهای گلستان و وشمگیر در دوره t است.

تابع هدف: با توجه به هدف موردنظر که بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن در سیستم دو مخزنه می‌باشد، باید ضمن مهار سیلاب‌های سالانه، برنامه‌ریزی به‌گونه‌ای باشد که بیش‌ترین میزان تامین نیازمندی‌ها و کم‌ترین اتلاف آب رخ دهد. بنابراین می‌توان تابع هدف را به فرم زیر مطرح نمود:

$$Min\sum_{t=1}^{n}(100\times SH(1,t)+100\times SH(2,t)-S(1,t)+3S(2,t)+Sur(1,t).Evp(1,t)+Sur(2,t).Evp(2,t)) \quad (9)$$

Archive of SID

www.SID.ir

تابع هدف مورد بررسی در سیستم مورد مطالعه از سه قسمت تشکیل شده که قسمت اول مربوط به کمبود نیاز آبی پایاب سدهای گلستان و وشمگیر و قسمت دوم مربوط به حجم مخزن در ابتدای ماه مربوط به سدهای گلستان و وشمگیر می‌باشد. در قسمت دوم به‌دلیل محدودیت حجم سد وشمگیر، این پارامتر با ضریب مثبت در نظر گرفته شده است. قسمت سوم برای کاهش حجم تبخیر از سطح دریاچه با ضریب مثبت متغیرهای مربوط به حجم ماهانه دریاچه سدها در معادله هدف گنجانده شده است.

در ساده‌سازی سیستم مورد بررسی در این پژوهش، برای ارتباط بین دو متغیر حجم مخزن و مساحت سطح دریاچه سد گلستان در یک ماه به‌صورت یک رابطه خطی فرض شده و با استفاده از داده‌های موجود، پارامترهای خط برازش شده در معادلات منظور شده است. نمودار منحنی و خط برازش شده رابطه حجم مخزن و مساحت سطح دریاچه مخزن سد گلستان در شکل ۳ نشان داده شده است. رابطه بین حجم (V) و سطح دریاچه مخزن (A) برای سد گلستان، به‌صورت رابطه (۱۰) نتیجه شده و ضریب همبستگی (R) رابطه یاد شده ۰/۹۹۵۵ با ٥٤ نقطه به‌دست آمده که از نظر آماری با اطمینانی بسیار بیش‌تر از ۹۹ درصد قابل‌قبول است.

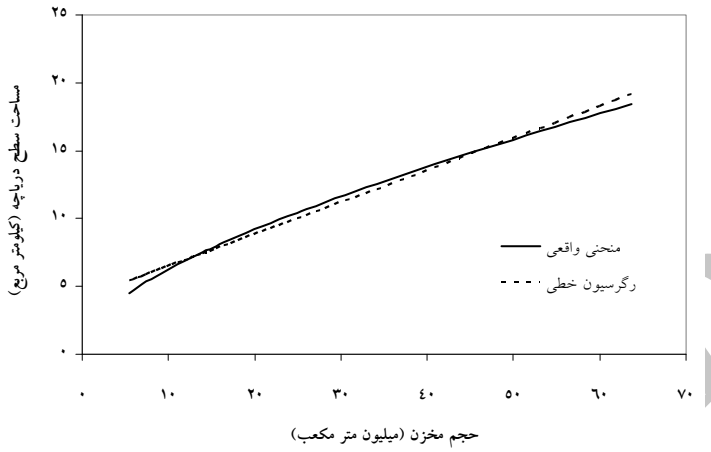
$$A = ٤/١٤٧٧ + ٠/٢٣٥٥V \qquad (١٠)$$

همچنین برای ارتباط بین دو متغیر حجم مخزن و مساحت سطح دریاچه اصلی و فرعی سد وشمگیر در یک ماه روابط خطی فرض شده و با استفاده از داده‌های موجود پارامترهای خط برازش شده در معادلات منظور شده است. نمودار منحنی و خط برازش شده رابطه حجم مخزن و مساحت سطح دریاچه مخزن اصلی و فرعی سد وشمگیر در شکل ٤ نشان داده شده است. رابطه بین حجم و سطح دریاچه مخزن برای سد وشمگیر، به‌صورت رابطه (۱۱) نتیجه شده و ضریب همبستگی (R) رابطه یاد شده ۰/۹۸٤۷ با تعداد ٦٨ نقطه به‌دست آمده که از نظر آماری با اطمینانی بسیار بیش‌تر از ۹۹ درصد قابل‌قبول است. همان‌طورکه در شکل مشاهده می‌شود، بیش‌ترین خطا در یک طرف خط یعنی مقادیر کوچک حجم مخزن به‌دست می‌آید که در این حالت، سطح مخزن و در نتیجه حجم تبخیر ناشی از آن در مقایسه با سایر مقادیر، بسیار جزئی می‌باشد.

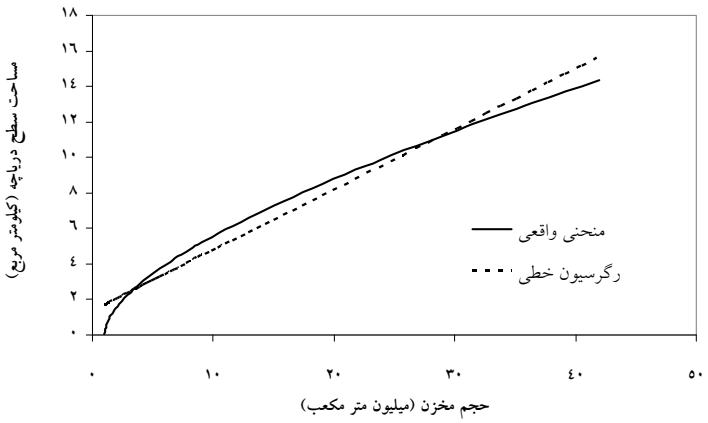
$$A = ١/٣٨٨٧ + ٠/٣٣٩٨V \qquad (١١)$$

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- منحنی حجم- سطح مخزن سد گلستان.



شکل ٤- منحنی حجم- سطح مخازن اصلی و فرعی سد وشمگیر.

در روش برنامه‌ریزی خطی به‌دلیل این‌که پس از حل مسأله، جواب بهینه سراسری به‌دست می‌آید، می‌توان از جواب به‌دست آمده، که مناسب‌ترین جواب است، اطمینان حاصل نمود. در این پژوهش، به‌دلیل خطی بودن روابط حاکم در مدل، از برنامه‌ریزی خطی استفاده شد. بهینه‌سازی در دو مقطع زمانی با حالت‌های مختلف حداقل حجم مخزن گلستان برای یک دوره زمانی شاخص متوسط مورد بررسی قرار گرفته است. بازه زمانی انتخاب شده یک دوره ٦٠ ماهه از سال آبی ۸۲-۸۱ تا سال آبی

www.SID.ir

۸۶-۸۵ را شامل می‌گردد. در حالت اول که نزدیک به شرایط کنونی فرض شده، حجم حداقل سد گلستان، ۱۱/۵ میلیون مترمکعب فرض شده و بر همین اساس بهینه‌سازی با هدف کمینه کردن استفاده از ظرفیت مخزن سد وشمگیر انجام گردید. در حالت دوم که مربوط به شرایط زمانی حدود ۲۰ سال از شروع بهره‌برداری سد می‌باشد، حداقل حجم مخزن سد گلستان ۲۲/۵ میلیون مترمکعب فرض شده که این رقم براساس پیش‌بینی‌های کارشناسان امور سد و نیز تأثیر احداث سد بوستان در بالادست سد گلستان و اقدامات در دست اجرا برای کنترل رسوب فرض شده و با هدف قبلی بهینه‌سازی مدل انجام گرفت. در حالت دوم نیز از روش برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی مدل استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به توانایی‌های زبان برنامه‌نویسی فرترن در حل مسایل مربوط به مهندسی، در این پژوهش از این برنامه و توابع کتابخانه‌ای برای حل مسأله برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است. در برنامه نوشته شده ابتدا ضرایب معادلات محدودیت در ماتریسی به ابعاد تعداد محدودیت‌ها در تعداد متغیرها که برای این مسأله به‌ترتیب برابر ۳۶۰ و ۶۰۰ بوده، پر می‌شود. سپس با تنظیم حدود متغیرها و ضرایب تابع هدف، با فراخوانی زیربرنامه حل‌کننده، در صورت وجود جواب ممکن، نتیجه بهینه مسأله به‌دست می‌آید.

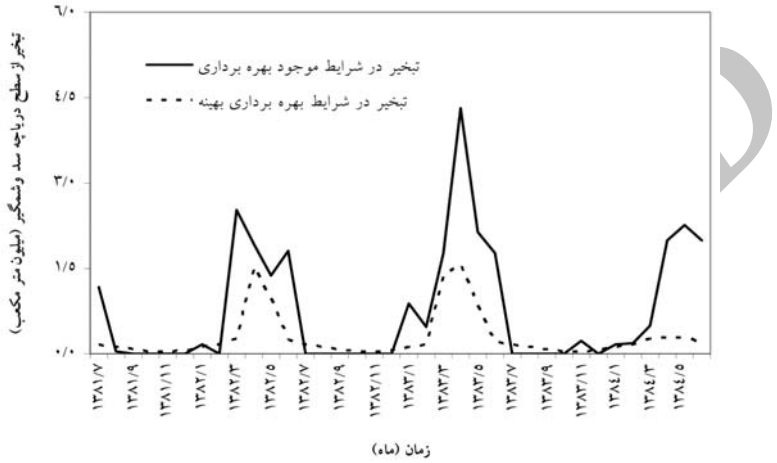
همان‌طورکه در بخش تابع هدف توضیح داده شد یکی از اهداف این پژوهش، رسیدن به حداقل حجم مورد استفاده سد وشمگیر در بهینه‌سازی با رعایت همه محدودیت‌های سیستم می‌باشد. حجم مخزن سد وشمگیر قبل از بهره‌برداری سد گلستان در سال ۱۳۸۰، هر ساله با مقدار زیادی از رسوبات ورودی به دریاچه سد اشغال شده است. برای جبران کاهش حجم مفید سد در سال‌های گذشته دو مخزن فرعی به این سد اضافه شده است. با توجه به قرار گرفتن محل سدهای وشمگیر و گلستان در محدوده دشت گرگان، شاهد هستیم که مساحت سطح دریاچه سد به نسبت حجم آن زیاد بوده و به تناسب آن نیز تبخیر از سطح دریاچه، میزان آب قابل‌ملاحظه‌ای را تلف می‌کند.

در حالت اول که حداقل حجم مخزن سد گلستان ۱۱/۵ میلیون مترمکعب فرض شده، با افزایش نیاز آبی، متوسط سالانه کمبود در تامین نیاز آبی حدفاصل سد گلستان تا وشمگیر ۲/۲ میلیون مترمکعب است. در حالت دوم که حداقل حجم مخزن سد گلستان ۲۲/۵ میلیون مترمکعب فرض شده، با افزایش نیاز آبی و افزایش حداقل حجم سد گلستان، حجم متوسط سالانه در تامین نیاز آبی حدفاصل سد گلستان تا وشمگیر، ۸/۹ میلیون مترمکعب به‌دست آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به اهمیت کاهش میزان تبخیر از سطح دریاچه، مقایسه نتیجه حل بهینه این متغیر در دوره زمانی پنج‌ساله برای سد وشگمیر در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طورکه در قسمت قبلی توضیح داده شد حجم تبخیر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافته است.

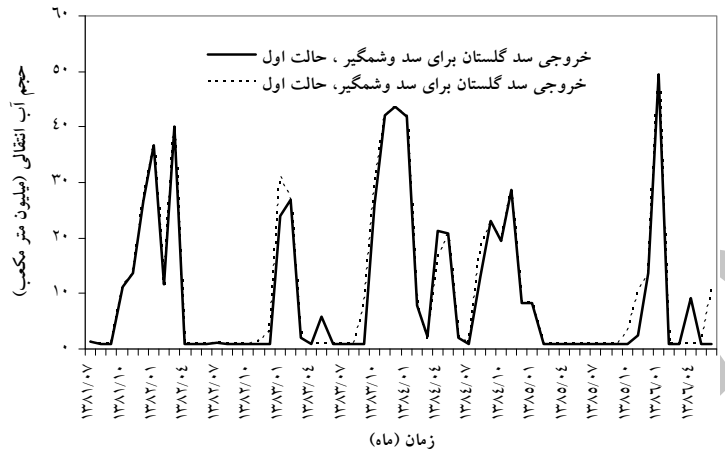


شکل ۵- مقایسه میزان تبخیر از سطح دریاچه سد وشمگیر- دوره مشاهده‌ای بهره‌برداری و بهینه‌سازی.

با توجه به این‌که در مطالعات حاضر، اثر سد تازه احداث بوستان در بهینه‌سازی دیده نشده است، می‌توان با بهینه‌سازی بهره‌برداری ۳ سد وشمگیر، گلستان و بوستان در یک مجموعه، انتظار نتایج بهتری را داشت. برای استفاده بهینه از منابع آبی سیستم و ظرفیت مخازن، نیاز به یک مدل بهینه‌سازی اختصاصی پس از برداشت چند سال آمار واقعی و لحاظ نمودن تمام سدهای موجود ضروری می‌باشد.

انتقال آب از سد گلستان به سد وشمگیر: باتوجه به مطالب اشاره شده، می‌توان انتظار داشت که فقط در ماه‌هایی که در پایین‌دست سد وشمگیر علاوه‌بر ورودی محلی سد وشمگیر، نیاز به آب باشد، رهاسازی آب از سد گلستان انجام خواهد شد. با توجه به محدودیت‌های زیست‌محیطی نیز حداقل ۱/۵ میلیون مترمکعب در هر ماه از سد گلستان خارج و به مخزن سد وشمگیر وارد می‌شود. نتایج انتقال آب از سد گلستان به سد وشمگیر برای حالت اول (شرایط فعلی) و حالت دوم (شرایط آتی) در شکل ٦ نشان داده شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، ضمن انطباق بسیار خوب نتایج دو حالت، انتقال آب در ماه‌های سرد که نیازآبی کم‌تر می‌باشد محدودتر بوده و در مخزن سد گلستان ذخیره می‌گردد.

Archive
www.SID.ir



شکل ٦- حجم آب منتقل شده از سد گلستان به سد وشمگیر در دو حالت به روش برنامه‌ریزی خطی.

براساس نتایج خروجی مدل، در حالت دوم که شرایط آتی را دربرمی‌گیرد، حداکثر حجم مورد نیاز سد وشمگیر، ٤٠/٩ میلیون مترمکعب و برای سد گلستان در فصل تابستان، ٥١/٨ میلیون مترمکعب و در سایر فصول، ٦١/٥ میلیون مترمکعب می‌باشد. از نظر کلی از آنجا که امکان افزایش حجم سد گلستان امکان‌پذیر نیست، برای رفع مشکل دو راه‌حل اصلی وجود دارد، اول این‌که با بهره‌برداری اخیر سد بوستان، مطالعات بهره‌برداری بهینه برای سه سد انجام شود و در صورت تأمین آب، سد وشمگیر در شرایط حاضر باقی بماند. راه‌حل دوم این‌که در صورت استفاده از ظرفیت سد بوستان برای رفع نیازهای محدوده تحت پوشش، حجم سد وشمگیر به‌میزان ٨/٩ میلیون مترمکعب افزایش یابد تا با ذخیره‌سازی آب در سد وشمگیر و کاهش آب انتقالی در شرایط کمبود از سد گلستان به وشمگیر، بتوان نیازهای موجود را برطرف نمود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه مباحث اشاره شده در بخش‌های قبلی نتیجه پژوهش را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

١- استفاده از راه‌حل مناسب برای حل مسأله بهینه‌سازی با توجه به خصوصیات مسأله بسیار با اهمیت می‌باشد. با توجه به خطی بودن روابط مورد استفاده در بهره‌برداری سدها، استفاده از برنامه‌ریزی خطی روش مناسبی خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- کاهش میزان تبخیر از سطح دریاچه سدها در مناطقی که پتانسیل این اتلاف بالا است در بهره‌برداری بهینه از سدها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد تنها در سد وشمگیر در یک دوره سه‌ساله با تغییر سیاست بهره‌برداری ۱۷ میلیون مترمکعب کاهش در تبخیر از سطح دریاچه داشته‌ایم. مجموع حجم تبخیر اتفاق افتاده در دوره مقایسه ۲۷ میلیون مترمکعب بوده است.

۳- با توجه به هدف پژوهش در تعیین میزان افزایش حجم مورد نیاز مخزن سد وشمگیر در شرایط آتی انباشت رسوبات با حجم ۲۲/۵ میلیون مترمکعب در مخزن سد گلستان، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که با توسعه محدود سد وشمگیر تا حدود ۹ میلیون مترمکعب، می‌توان نیازهای پایین‌دست را تامین نمود.

٤- انجام مطالعات بهره‌برداری بهینه سدهای سه‌گانه حوضه گرگانرود، پس از آماربرداری چندساله در سال‌های آتی، برای تعیین دستورالعمل‌های جدید سیستمی ضروری خواهد بود.

منابع

1.Alizadeh, A. 2002. Applied Hydrology, Astan Ghods Press. 22th Ed. 807p. (In Persian)

2.Barros, M.T.L., Tsai, F., Yang, S.L., Lopes, J.E.G., and Yeh, W.G. 2003. Optimization of large scale hydropower systems operation; J. Water Resour. Plan. and Manage. 129: 3. 178-188.

3.Crawley, P., and Dandy, G. 1993. Optimal operation of multiple reservoir systems, J. Water Resour. Plan. and Manage. 119: 1. 1-17.

4.Ghorbani, M., Kholghi, M., Mousavi, S., and Ghorbani, Z. 2006. Optimal operation of Maroon and Jarreh Reservoirs by linear programming, 2nd conference of Water Resources Management. (In Persian)

5.Golestan Regional Water Co. 2000. Investigation of irrigation nets of Golestan dam, Pp: 146-160. (In Persian)

6.Karamouz, M. 1992. Optimization and simulation of multiple reservoir systems, J. Water Resour. Plan. and Manage. 118: 1. 71-81.

7.Karamouz, M. 2003. Programming and management of water resources systems quality, Amirkabir Pub. 632p. (In Persian)

8.Labadie, J.W. 2004. Optimal operation of multireservoir systems:State-of-the-art review; J. Water Resour. Plan. and Manage. 130: 2. 93-111.

9.Meftah Halaghi, M. 2008. Estimatation of Voshmgir dam reservoir by considering Golestan dam effect, Final report, Water Resources Management, 142p. (In Persian)

10.Mohammadpoor, A. 2002. Optimization of operation of multipurpose dams by using deterministic and stochastic goal programming models, M.Sc. Thesis In Shahid Bahonar University, 143p. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

11.Needham, J., Watkins, D., Lund, J., and Nanda, K. 2000. Linear programming for flood control in the Iowa and Des Moines rivers. J. Water Resour. Plan. and Manage. 126: 3. 118-127.
12.Sharifi, M.P., and Shahidipoor, M.M. 2000. Analysis of water resources systems, Ferdousi University Pub. 716p. (In Persian)
13.Simonovic, S.P. 1992. Closing gap between theory and practice; J. Water Resour. Plan. and Manage. 118: 3. 262-280.
14.Srinivasan, K., Neelakantan, T.R., Shyam Narayan, P., and Nagarajukumar, C. 1999. Mixed-Integer Model for Reservoir Performance Optimization; J. Water Resour. Plan. and Manage. 125: 5. 298-301.
15.Trezos, T., and Yeh, W. 1989. Stochastic dynamic programming and its application to multi-reservoir systems, computerized decision support systems for water managers, J. ASCE, Reston, Va, Pp: 559-571.
16.Wurbs, R.A. 1993. Reservoir system simulation and optimization models; J. Water Resour. Plan. and Manage. 119: 4. 455-472.
17.Yeh, W.G. 1985. Reservoir management and operation models: A State-of-the-art review; Water Resources Research, 21: 12. 1797-1818.
18.Yousefi, Gh. 1991. Report of Voshmgir Resevoir operation, Golestan Water Regional Co. 167p. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(1), 2011
www.gau.ac.ir/journals

Estimation of shortage volume of Voshmgir reservoir in multi dam systems operation

***M. Meftah Halaghi[1], A.A. Dehghani[1], A. Mosaedi[2] and H.R. Eslami[3]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Faculty of Natural Resources and Environmental, University of Mashhad, [3]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 2009/01/18; Accepted: 2011/01/16

Abstract

Due to long life and sedimentation, the capacity of Voshmgir reservoir has decreased. Therefore, it is important to think about how to save capital and reduce the shortage volume. The main purpose of this investigation is to estimate the amount of shortage volume of voshmgir reservoir by considering the two-reservoir system in Golestan province. In this research, for simplifying, the node method was used. The optimization of problem was done using linear programming method. By considering the importance of evaporation in reservoirs, the results showed that in optimum operation of Voshmgir and Golestan reservoirs, the evaporation decreased and in present situation and future condition, the Voshmgir reservoir capacity has to be increased by 9 million cubic meters to supply all water demands. The results showed that the linear programming was very useful method in water resources problems.

Keywords: Reservoir operation, Voshmgir reservoir, Golestan reservoir, Linear programming

* Corresponding Author; Email: meftah_20@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir