مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد هجدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۰
http://jwfst.gau.ac.ir

بهینه‌سازی بهره‌برداری از یک سیستم چند مخزنه به روش الگوریتم ژنتیک چند جمعیتی مطالعه موردی (سدهای گلستان و وشمگیر)

[*]بنفشه نوروزی[۱]، غلام‌عباس بارانی[۲]، مهدی مفتاح هلقی[۳] و امیراحمد دهقانی[۴]

[۱]مربی گروه، عمران آب، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی لامعی گرگانی،[۲]استاد گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، [۳]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۲٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۸

چکیده

امروزه مدل‌های مناسبی که امکان درنظر گرفتن پیچیدگی‌های سیستم‌های منابع آب را بیش از پیش فراهم سازند، توسعه یافته واز آن‌ها به‌طور گسترده در بهره‌برداری کمی و کیفی از مخازن آبی استفاده می‌گردد. در این پژوهش، روش الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری از یک سیستم چند مخزنه شامل سدهای گلستان، وشمگیر و بوستان واقع بر حوضه گرگان‌رود، با تمرکز بر دو سد گلستان و وشمگیر به‌کار برده شده است. از هر دو سد علاوه بر ذخیره‌سازی، جهت تامین نیازهای کشاورزی و نیز کنترل سیلاب‌های سالانه در منطقه استفاده می‌شود. در این مطالعه حاضر، ابتدا با توجه به حجم ورودی‌های ماهانه به سد گلستان، نیاز آبی گیاهان کشت شده در پایین‌دست و نیز جریانات حدفاصل مخازن، تابع هدف موردنظر نوشته شده وسپس برنامه بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم دو مخزنه نام برده به روش الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار Matlab-7 اجرا گردید. نتایج به‌دست آمده در زمینه میزان بهینه حجم آب خروجی در ماه‌های مختلف با آنالیز حساسیت در رابطه با تغییر احتمال عملگرهای پیوند و جهش، نشان داد که بهترین حالت هم‌گرایی در شرایطی رخ می‌دهد که احتمال پیوند ۰/۸ بوده و احتمال جهش ۰/۱ باشد و به این‌ترتیب پس از ٦۰۰ نسل، میزان بهینه

[*]مسئول مکاتبه: nuroozi_123@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

کمیت‌ها حاصل می‌شود. در نهایت در مورد هر دو مخزن، بیشترین میزان ذخیره در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر و کمترین میزان ذخیره در ماه‌های اسفند و فروردین خواهد بود. همچنین، ضمن ارزیابی جواب‌های حاصل از بهینه‌سازی و مقایسه با میزان تامین نیازمندی‌ها، ضریب اطمینان کارآیی سیستم در مورد سدگلستان ۱۰۰درصد و در مورد سد وشمگیر ۸۵/۷۱ درصد برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی، توابع پنالتی، روندیابی سیلاب

مقدمه

به‌طورکلی بنیان اصلی روش‌های بهینه‌سازی بهره‌برداری از طرح‌های آبی، بر این نظریه استوار است که بهبود عملکرد هر پروژه آبی زمانی امکان‌پذیر است که وضعیت فعلی آن، مشکلات و فرصت‌ها به‌طور کامل و جامع‌شناسایی شوند. درسال‌های اخیر الگوریتم‌های تکاملی به‌عنوان یک روش بهینه‌سازی قدرتمند جهت بهینه‌سازی سیستم‌های چند مخزنه گسترش یافته‌اند. اصول اساسی این‌روش به نقل از بالاولینگریدی و همکاران (۲۰۰۰)، برای اولین بار توسط هولند و همکاران (۱۹۷۵) دردانشگاه میشیگان مطرح گردید. از آن زمان به بعد استفاده از این الگوریتم در حل مسائل مهندسی عمران که حل آن‌ها اغلب با روش‌های معمول مشکل بود با استقبال خوبی مواجه شد. در همین راستا ایسات و هال(۱۹۹٤)، الگوریتم ژنتیک را برای حل یک مساله چهار مخزنه به‌کار بردند و نتیجه گرفتندکه این روش، پتانسیل مناسبی درحل مسائل بهینه‌سازی منابع آب دارد و صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای درزمان و حافظه کامپیوتر صورت می‌پذیرد. واردلا و شریف (۱۹۹۹)، از الگوریتم ژنتیک برای برنامه‌ریزی سیستم‌های چند مخزنه استفاده کردند وآن را روشی کاربردی و قوی دانستند و استنتاج نمودند که این روش می‌تواند سیاست‌های بهره‌برداری موثری را تدوین نماید، همچنین آن‌ها با ارائه یک خلاصه کلی ازسوابق کاربرد الگوریتم ژنتیک درمنابع آب، روش‌های مختلف عملگرهای ژنتیکی را تشریح نموده و سپس از آن در بهینه‌سازی برنامه‌ریزی یک مساله چهار مخزنه بهره گرفتند. بالا ولینگریدی (۲۰۰۰) ، از این روش در حل مسائل چند هدفه آب زیرزمینی بهره بردند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم ژنتیک علاوه بر کاستن زمان عملیات، نتایج را به پاسخ‌های دقیق و منطقی‌تری نسبت به سایر روش‌های بهینه‌سازی نزدیک‌تر می‌سازد.

www.SID.ir

شریف و واردلا (۲۰۰۰)، از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی سازه استفاده نمودند. روش مورد بررسی آن‌ها از نوع انتخاب رقابتی بوده و به نتایج دقیقی در بهینه‌سازی سازه‌های موردنظر رسیدند. دیرتیو و دانیل (۲۰۰۳)، بهبود کارآیی الگوریتم ژنتیک را در روش اصلاح شده‌ای جهت کالیبراسیون مدل بارش- رواناب بررسی کرده و نتیجه گرفتند که با استفاده از ژنتیک اصلاح شده در مسایل هیدرولوژی نیز می‌توان به پاسخ‌های منطقی و قابل قبولی دست یافت. کارآموز (۲۰۰۳)، از روش جدیدی موسوم به الگوریتم ژنتیک احتمالاتی پله‌ای جهت برنامه‌ریزی بهترکیفی مخزن استفاده کرده و به‌نتایج مشابهی دست یافت.

ساموئل و جهانیز به نقل از هال و هاریو (۲۰۰٤)، از نتایج این مطالعات در بررسی پارامترهای یک آب‌خوان و نیز تخمین داده‌های پمپاژ استفاده نمودند. چیان و همکاران (۲۰۰۵)، از ترکیب ژنتیک و منطق فازی برای بهره‌برداری هم‌زمان مخازن استفاده نموده و نتیجه گرفتند که در سیستم‌های شامل چندین مخزن به‌ویژه زمانی که اطلاعات ورودی تاحدودی کم است، الگوریتم ژنتیک بهترین پاسخ را درمقایسه با سایر روش‌ها ارایه می‌دهد. جیان و همکاران (۲۰۰۵)، از الگوریتم ژنتیک چند هدفه، جهت برنامه‌ریزی سیستم‌های چند مخزنه استفاده نموده و ضمن تعریف چندین جمعیت برای مساله مورد بررسی نتیجه گرفتندکه با وجود افزایش تعداد متغیرها و نیز طولانی‌شدن زمان اجرای برنامه، باز هم الگوریتم ژنتیک از معدود روش‌هایی است که در حل مسایل با ورودی‌های کم و شرایط پیچیده از پتانسیل بالایی برخوردار می‌باشد.

در مطالعه حاضر، با تکیه برتوانایی‌های الگوریتم ژنتیک که یک تکنیک جستجو و بهینه‌سازی قوی با کاربرد وسیع درمسایل مهندسی می‌باشد، بهره‌برداری از یک سیستم دو مخزنه (مخازن سدهای گلستان و وشمگیر) درحوضه گرگان‌رود، مورد بهینه‌سازی قرار گرفته است، به‌طوری که درطول ماه‌های بهره‌برداری از این سیستم، عملکرد سدهای فوق به نحوی باشد که ضمن مهار سیلاب‌های سالانه منطقه، بیشترین میزان ذخیره‌سازی درماه‌های خشک را توام با تامین مطلوب نیازهای آبی پایین دست سدها داشته باشد. محاسبه دقیق حجم کنترل سیلاب درسدهای موجود در مناطق سیل خیز و کاهش هزینه‌های غیر ضروری، تلفات وضایعات در سیستم نیز از دیگر اهداف موردنظر در این مطالعه بوده است.

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

سد مخزنی گلستان: سد مخزنی گلستان درحوضه گرگان‌رود در محدوده دشت گرگان در موقعیت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه وطول ۵۵ درجه و ١٦ دقیقه و ۳۰ ثانیه در فاصله ۱۵ کیلومتری شمال شرقی گنبد کاووس واقع شده است. این سد، برروی شاخه اصلی گرگان‌رود، احداث و جریان رودخانه‌های اوغان، دوغ و. به آن می‌ریزد. حجم آورد سالانه گرگان‌رود ۱۹۰/۷ میلیون‌متر مکعب می‌باشد و آبگیری از آن از سال ۷۹ آغاز گردید (تهران برکلی، ۱۹۹۹).
در جدول ۱ برخی از مشخصات سد گلستان درج شده است.

جدول ۱- مشخصات سد گلستان (تهران برکلی، ۱۹۹۹).

حجم مخزن در سیلاب طراحی	۱۳۵ میلیون مترمکعب
تراز سرریز	٦٢متر
تراز سد در سیلاب طرح	٦٥/٣٥ متر
وسعت مخزن در تراز سرریز	۱۵ کیلومترمربع
حداکثر ظرفیت سرریز	۱۵۵۰ مترمکعب در ثانیه
پیک سیلاب PMF ورودی به مخزن	۲۳۸۹ مترمکعب در ثانیه
پیک سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله در محل سد	۱۷۰۳ مترمکعب در ثانیه
پیک سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله در خروجی سد	۱۱۷۹ مترمکعب در ثانیه

لازم به ذکر است که با توجه به نقش مهم ذخیره‌سازی سد گلستان در مهار سیلاب سال ۱۳۸۰، حجم ذخیره سد از ٨٦ به ۵۰ میلیون مترمکعب کاهش یافت و این حجم، در این مطالعه در نظر گرفته شده است.

سد مخزنی وشمگیر: سد وشبکه آبیاری وشمگیر در گستره گرگان در پایین‌دست سد گلستان، بر حوضه آبریز گرگان‌رود و در موقعیت ٥٤ درجه و ٤٦ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی بین شهرستان‌های علی‌آباد و آق‌قلا واقع گردیده و در سال ١٣٤٩ آب‌گیری گردید. در سال ١٣٥٦ شبکه ساحل چپ و سال ۱۳۵۷ شبکه ساحل راست، نیز به بهره‌برداری رسید (یوسفی، ۱۹۹۹).

www.SID.ir

لازم به‌ذکر است که در زمان این مطالعه با توجه به قدمت بالای این سد و پرشدن مخازن فرعی از رسوب، حجم ذخیره سد به ۵۰ میلیون مترمکعب کاهش یافته بود و این حجم، در مطالعه، لحاظ گردیده است.

در جدول ۲، برخی مشخصه‌های مهم این سد و شبکه آبیاری و زهکشی آن درج شده است.

جدول ۲- مشخصات سدوشمگیر (یوسفی، ۱۹۹۹).

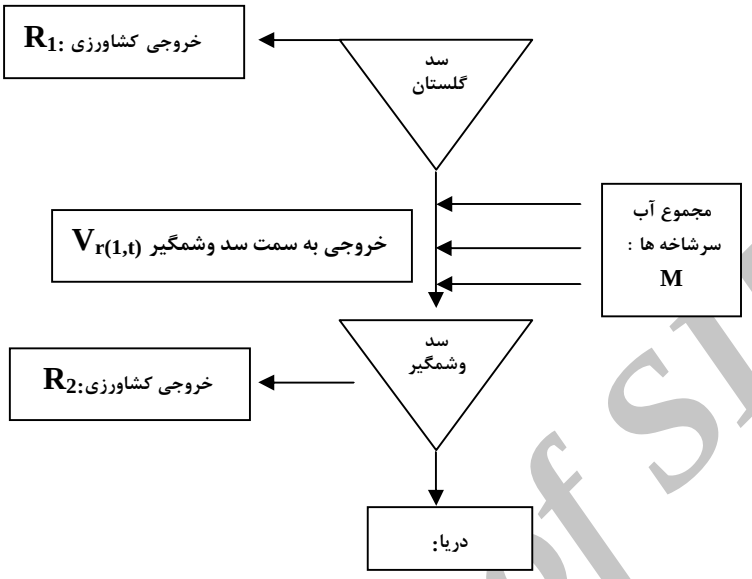
طول تاج سد	٤۳۰ متر
حداکثر ارتفاع از پی	۲۸ متر
. طول کانال اصلی سمت راست	۱۷/۷٦ کیلومتر
دبی متوسط کانال اصلی سمت راست	۹ متر مکعب بر ثانیه
طول کانال اصلی سمت چپ	۲۲/۸٦ کیلومتر
دبی متوسط کانال اصلی سمت چپ	٤ مترمکعب برثانیه
دبی متوسط در کانال های ثانویه	۲۰۰ تا ۱۸۰۰ لیتر برثانیه

الگوریتم ژنتیک: الگوریتم ژنتیک یک مدل از الگوریتم‌های تکاملی است که رفتارش از مکانیسم‌های تکاملی در طبیعت الگوبرداری شده است. به‌طوری که افراد جامعه به‌وسیله کروموزوم مشخص می‌شوند. جمعیت کروموزوم‌ها (افراد جامعه) بعدازآن وارد مرحله‌ای شبیه تکامل می‌شوند، عملگرهای انجام کارروی یک بیت ساده اجازه انجام کار توسط عملگرهای پیوند و جهش و دیگر عملگرها را می‌دهند. مراحل مختلف الگوریتم‌های ژنتیک به شرح زیر می‌باشد:

ابتدا به‌طور تصادفی جامعه‌ای از کروموزوم‌ها ایجاد و سپس برازندگی آن‌ها محاسبه و تعیین می‌گردد. در ادامه به‌وسیله عملگرهای پیوند و جهش جامعه‌ای جدید با مقادیر برازندگی بالاتر تولید می‌شود. تکرار یک بارحلقه باعث به‌وجود آمدن یک نسل می‌شود. در هر بار انجام حلقه، از جامعه قبلی صرف‌نظرشده و به‌جای آن جامعه جدید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نسل اول در واقع به‌طور تصادفی انتخاب و سپس با توجه به برازندگی افراد و عملگرهای موجود، جامعه به‌سمت افراد با برازش بالاتر سوق داده می‌شود (گلدبرگ، ۱۹۸۹).

شکل ۱ شمایی از محل قرارگیری سدها و نیازهای آبی جهت انجام مدل بهینه‌سازی را نشان می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- نمایی از محل قرارگیری سدها جهت مدل بهینه‌سازی.

معادلات بیلان آبی دو سد: بیلان آب در مخازن مورد مطالعه براساس معادله پیوستگی به‌صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$S_{(1,t+1)}-S_{(1,t)}=I_{(1,t)}-R_{(1,t)}-V_{r(1,t)}-E_{(1,t)}$$
$$V_{r(1,t)}+M=I_{(2,t)} \qquad (۱)$$
$$S_{(2,t+1)}-S_{(2,t)}=I_{(2,t)}-R_{(2,t)}-V_{r(2,t)}-E_{(2,t)}$$

که در آن: $V_{r(1,t)}$: آب رها شده از سد بالادست (سد گلستان) به سمت سد پایین‌دست (سد وشمگیر) در زمان t، M: آب ورودی از سر شاخه‌ها به سد شماره۲ (سد وشمگیر)، I: میزان ورودی ماهانه به مخازن در زمان t، $R_{(1,t)}$: خروجی از مخزن ۱ (سد گلستان) در زمان t، $R_{(2,t)}$: خروجی از مخزن ۲ (سدوشمگیر) در زمان t جهت تامین نیازهای کشاورزی اراضی پایین‌دست $V_{r(2,t)}$: خروجی از مخزن ۲ (سد وشمگیر) به سمت دریا و E: حجم تبخیر ماهانه هریک از مخازن در زمان t است.

www.SID.ir

محاسبه حجم کنترل سیلاب در سد مخزنی گلستان: یکی از روش‌های مهم برای کنترل سیلاب واستفاده از ظرفیت مخزن برای ذخیره نمودن، روندیابی وتنظیم دبی سیلاب می‌باشد. این مساله به ویژه در مناطق سیل خیز از اهمیت بالایی برخوردار است.

روندیابی از مخزن: با توجه به سیلاب بی‌سابقه سال ۱۳۸۰ منطقه که در برخی از ایستگاه‌ها از جمله جنگل گلستان با دوره بازگشت PMF گزارش شده آمار مربوط به این سیلاب در محاسبات حجم کنترل استفاده گردیده است (حسینیان، ۲۰۰۱).

برطبق این آمار، دبی پیک ورودی به سد بالغ بر m^3/s ۳۰۰۰ بوده و این، در حالی است که در مشخصات سد گلستان پیک سیلاب PMF ورودی به‌مخزن m^3/s ۲۳۸۹ پیش‌بینی شده بود. به‌منظورانجام محاسبات مربوط به حجم کنترل سیلاب از نرم‌افزار 5-Hec استفاده شد و با توجه به این‌که حداکثر ظرفیت رودخانه‌های منطقه مورد بررسی m^3/s ۳۵۰ بوده است، پس از روندیابی، حداکثر حجم کنترل قابل قبول ۳٦ میلیون مترمکعب براورد گردید.

بهره‌برداری از سدگلستان جهت تامین نیازهای کشاورزی: به‌منظور تامین مطلوب نیازهای کشاورزی، توجه به سطح زیر کشت، نیازآبی گیاهان کشت شده و نیز زمان آبیاری آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در جدول ۳ مقادیر مربوط به نیازهای کشاورزی سد گلستان در ماه‌های مختلف ارائه شده است. در برآورد مقادیر مربوطه نیاز آبی هر هکتار غلات m^3 ۳۰۰۰–۳۵۰۰، پنبه m^3 ٦۰۰۰، یونجه m^3 ۵۰۰۰ و ذرت m^3 ٦۰۰۰ در نظر گرفته شده است. همچنین حق‌آبه سدوشمگیر در پایین‌دست، در طول ۷ ماه بهره‌برداری از سد ماهانه بین ٤ تا ۷ میلیون مترمکعب می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر مربوط به نیازهای کشاورزی سد گلستان مقادیر برحسب (میلیون مترمکعب)(تهران-برکلی، ۱۹۹۹).

محصول	سطح زیرکشت(ha)	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
غلات	٦۰۰۰	٦/۵	٦/۵	٦/۵	۰	۰	۰	۰
پنبه	۳۰۰۰	۰	۰	٦/۵	۰	٦/۵	٦/۵	۰
یونجه	۵۰۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
ذرت	۵۰۰	۰	۰/٤۱	۰/٤۱	۰/٤۱	۰/٤۱	۰/٤۱	۰/٤۱

Archive of SID

www.SID.ir

تبخیر از سطح آزاد در مخزن سد گلستان: با توجه به این که در معادلات بیلان آبی باید مقدار تبخیر در نظر گرفته شود، بنابراین در این پژوهش با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده تبخیر درایستگاه، تبخیر از سطح آزاد آب معادل ۷۰ درصد تبخیر از تشتک، در نظر گرفته شده است.

در جدول ٤ مقادیر مربوط به محاسبات تبخیر به‌صورت ماهانه ارایه شده است.

جدول ٤- مقادیر مربوط محاسبات تبخیر از سد گلستان (تهران – برکلی، ۱۹۹۹).

ماه	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
ارتفاع تبخیر از تشتک(متر)	۰/۳۷	۰/۱۱۸	۰/۲٦	۰/٤۱	۰/۷۷	۰/٤۷	۰/۱۷
تبخیر از سطح آزاد آب (متر)	۰/۲۱٦	۰/۰۸۳	۰/۱۸٥	۰/۲۹	۰/٥٤	۰/۳۳	۰/۱۲
سطح(کیلومترمربع)	۲/٦۸	۷/٥۸	٥/۱۲	٥/۷۸	۳/٤۷	٤/٤۲	۷/۰٥
حجم تلفات ناشی از تبخیر(مترسانتی‌متر)	۰/٥۸	۰/٦۳	۰/۹٥	۱/٦۸	۱/۸۹	۱/٤۸	۰/۸٥

بهره‌برداری از سد وشمگیرجهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی: به‌طور مشابه مقادیر مربوط به تامین نیازهای کشاورزی سد وشمگیر براساس سطح زیر کشت و نیاز آبی هریک از محصولات در جدول ٥ ارایه شده است. همچنین در جدول ٦ مقادیر مربوط به محاسبات تبخیر به‌صورت ماهانه قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ٥- مقادیر مربوط به تامین نیازهای کشاورزی سد وشمگیر (برحسب میلیون مترمکعب) (یوسفی، ۱۹۹۹).

	محصول	متوسط سطح زیرکشت(ha)	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
مزرعه نمونه	غلات	۲۰۳۳/۷	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۰	۰	۰	۰
	پنبه	۷۰۰	۰	۰	۱/٤	۰	۱/٤	۱/٤	۰
	یونجه	٥۰۰	۰	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۰/۲٥	۰/۲٥	۰/٥
	ذرت	٥۰۰	۰	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹
	آبیندان	-	۱/۲٦	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایستگاه‌های پمپاژسواحل راست وچپ‌سد	غلات	٦۳۰۰	٦/۲۹	٦/۲۹	٦/۲۹	۰	۰	۰	۰
	پنبه	٦٥۰۰	۰	۰	۱۳	۰	۱۳	۱۳	۰
	آبیندان	-	٤/۲۲	-	-	-	-	-	-
موتورپمپ‌های بالا دست سد	غلات	۸۰۰	۱/٤	۱/٤	۰	۰	۰	۰	۰
	پنبه	۲٥۰۰	۰	۰	٥	۰	٥	٥	۰

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٦- مقادیر مربوط محاسبات تبخیر از سد وشمگیر (یوسفی، ۱۹۹۹).

ماه	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
تبخیر از سطح آزاد آب(میلی‌متر)	۳۵/۱	٦٧/١	۹۵/۳	١٤٠/٢	١٥٤/٩	١٥٠/٦	١١٢/٤
سطح(کیلومترمربع)	١٣/٢٣٦	١٨/٨٥٣	٢٠/٢٣٧	١٩/١١٦	١٢/٢٩	٤/٢١١	١/٦٧٥
حجم تلفات ناشی از تبخیر (مترسانتی‌متر)	٠/٤٦٥	١/٢٦٥	١/٩٢٩	٢/٦٨	١/٩٠٥	٠/٦٣٤	٠/١٨٨

تابع هدف: در سیستم دو مخزنه مورد بررسی با توجه به این‌که هدف، بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن می باشد، لازم است طوری بهینه‌سازی انجام گردد که ضمن مهار سیلاب‌های سالانه، بیشترین میزان تامین تقاضا و کمترین اتلاف آب رخ دهد. در این پژوهش تابع هدف به‌صورت رابطه‌ی ۲ در نظر گرفته شده است.

$$\text{Min} \sum_{i=1..n}\{(R_i-D_i)^2+(S_{(i,t+1)}-S_{(i,t)}-I_{(i,t)}+R_{(i,t)}+V_{r(i,t)}+ E_{(i,t)})^2 +P(x)\} \quad (۲)$$

تابع هدف مورد بررسی در سیستم مورد مطالعه از سه قسمت تشکیل شده که قسمت اول مربوط به تامین نیازمندی‌های پایاب هریک از مخازن، قسمت دوم، شرط پیوستگی معادلات بیلان آب دو مخزن و قسمت سوم تابع پنالتی در نظر گرفته شده، می‌باشد.

$(R_1-D_1)^2$: مربوط به مخزن بالادست (سد گلستان) می‌باشد و مقادیر R_1, D_1 به‌ترتیب میزان نیازآبی گیاهان پایاب و میزان خروجی از مخزن سد جهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی می‌باشند.

$(R_2-D_2)^2$: مربوط به مخزن پایین‌دست (سد وشمگیر) می‌باشد و مقادیر D_2, R_2 به‌ترتیب میزان نیازآبی گیاهان پایاب و میزان خروجی از مخزن سد جهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی می‌باشند و $P(x)$: تابع پنالتی است.

معرفی توابع پنالتی در سیستم مورد بررسی: درروش الگوریتم ژنتیک، قیود، به‌صورت توابعی به‌نام پنالتی در محاسبات مربوط به تابع هدف دخالت داده می‌شوند. شکل کلی به‌کار بردن این توابع برحسب نوع متغیرها و شرایط هر سیستم متفاوت است.

در سیستم مورد بررسی با انتخاب یک عدد ثابت نسبتا بزرگ (۲۰۰۰۰) محدوده متغیرها به‌صورت زیر در محاسبات وارد می‌شوند. به‌عنوان مثال برای نوشتن محدودیت:

۵۰ >S (1,t) > ۲/۵ حد بالا و پایین متغیر S (1,t) به‌صورت جدا و به فرم زیر ارایه می‌شوند:

max(1-(S (1,t)/2/5),0).^2+ max((S (1,t) /50)-1,0).^2)(20000* P(x)

www.SID.ir

که ۲۰۰۰۰ ثابت پنالتی و max(1-(S (1,t)/2/5),0).^2 عبارت مربوط به‌تعریف حدپایین و max ((S (1, t) /50)-1, 0) .^2 عبارت مربوط به‌تعریف حد بالا متغیر S (1,t) می‌باشد.

به‌همین ترتیب در مورد همه ماه‌های بهره‌برداری از سیستم دومخزنه محدودیت‌های مربوط به متغیرها در محاسبات وارد شده و مدل‌سازی کامل می‌شود. در جدول ۷ قیود در نظر گرفته شده در این مطالعه در هر ماه ارائه شده است.

جدول ۷- محدوده هریک از متغیرها در معادلات بیلان آبی (برحسب میلیون متر مکعب).

t=12 (ماه)	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
$3 < R_{(1,t)}$	$3/705 < R_{(1,t)}$	$6/9 < R_{(1,t)}$	$0/45 < R_{(1,t)}$	$3/9 < R_{(1,t)}$	$3/9 < R_{(1,t)}$	$0/45 < R_{(1,t)}$
$8 < R_{(2,t)}$	$8/2 < R_{(2,t)}$	$13/03 < R_{(2,t)}$	$0/2 < R_{(2,t)}$	$9/88 < R_{(2,t)}$	$9/88 < R_{(2,t)}$	$0/2 < R_{(2,t)}$
$3 < S_{(1,t)} < 60$	$3 < S_{(1,t)} < 60$	$3 < S_{(1,t)} < 60$	$3 < S_{(1,t)} < 60$	$2/5 < S_{(1,t)} < 50$	$2/5 < S_{(1,t)} < 50$	$2/5 < S_{(1,t)} < 50$
$2/5 < S_{(2,t)} < 50$	$2/5 < S_{(2,t)} < 50$	$2/5 < S_{(2,t)} < 50$	$2/5 < S_{(2,t)} < 50$	$2/5 < S_{(2,t)} < 50$	$2/5 < S_{(2,t)} < 50$	$2/5 < S_{(2,t)} < 50$
$5 < V_{r(1,t)} < 8$	$5 < V_{r(1,t)} < 8$	$5 < V_{r(1,t)} < 8$	$5 < V_{r(1,t)} < 8$	$5 < V_{r(1,t)} < 8$	$5 < V_{r(1,t)} < 8$	$5 < V_{r(1,t)} < 8$
$V_{r(2,t)} > 0/5$	$V_{r(2,t)} > 0/5$	$V_{r(2,t)} > 0/5$	$V_{r(2,t)} > 0/5$	$V_{r(2,t)} > 0/5$	$V_{r(2,t)} > 0/5$	$V_{r(2,t)} > 0/5$

دو محدودیت $|S(2,t+1)-S(2,t)| < ۲۰$ و $|S(1,t+1)-S(1,t)| < ۲۰$ نیز در همه ماه‌ها به‌عنوان شرط پایداری سیستم در نظر گرفته می‌شود.

در جدول ۸ نیز مقادیر ثابت متغیرها در تابع هدف به‌ازای ماه‌های مختلف درج شده است.

جدول ۸- مقادیر ثابت در معادلات بیلان آبی.

T(ماه)	D_1 (Mcm)	D_2 (Mcm)	M (Mcm)	I_1 (Mcm)	E_1 (Mcm)	E_2 (Mcm)
۱۲	٦/٥	١٦	٧٦/٠٦٩	٢٠/٤٣٢	٠/٥	٠/٤٦٥
١	٧/٤١	١٤/٦١	١٢٣/٧٤٩	٣٧/١٧٣	٠/٦٣	١/٢٦٥
٢	١٣/٩١	٢٦/٠٦	٨٨/٩٢٣	٣٧/٠٧٥	٠/٩٥	١/٩٢٩
٣	٠/٩١	٠/٦٣١٩	٣٨/٥٨٩	١٨/٠٢	١/٦٨	٢/٦٨
٤	٧/٤١	١٩/٧٤	٩/٨٣	٢/٧	١/٨٩	١/٩٠٥
٥	٧/٤١	١٩/٧٦	٥/١٦٩	١٠/١٤	١/٤٨	٠/٦٣٤
٦	٠/٩١	٠/٦٣١٩	٨/٧٣٢	٣/٥١٨	٠/٨٥	٠/١٨٨

Archive of SID

www.SID.ir

مقادیر D_1 , D_2 براساس مقادیر تامین نیازهای پایاب هر یک از مخازن که در جدول‌های ۳ و ۵ شرح داده شده، محاسبه شده‌اند. همچنین مقدار M که مجموع جریان‌های سرشاخه‌ها می‌باشد طی ۱۵سال آمار از ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در انتها هر شاخه فرعی برداشت شده است. I_1 نیز میانگین ورودی‌های ماهانه به مخزن سد گلستان می‌باشد.

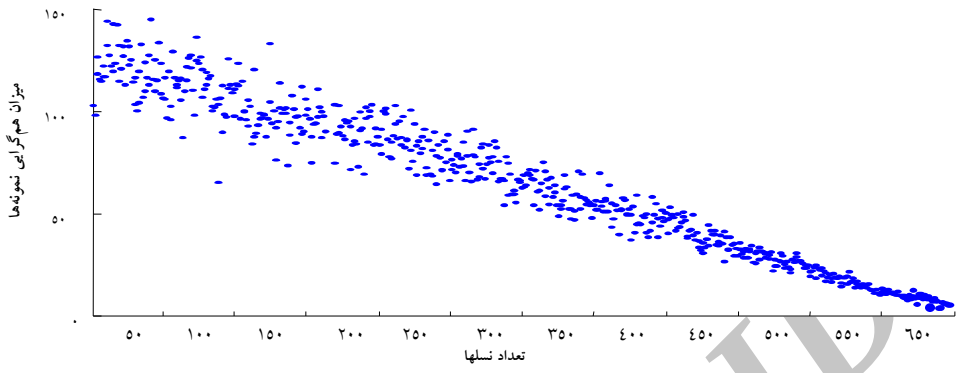
مقادیر E_1, E_2 نیزحجم تلفات ناشی از تبخیر در مورد هر مخزن می‌باشد که به‌صورت ماهانه از جدول‌های سطح – حجم به‌دست آمده است.

مشخصات الگوریتم ژنتیک به‌کار برده شده: پس از یافتن تابع هدف مناسب و معرفی محدوده هریک از متغیرها در قالب توابع پنالتی، جهت به‌کار بردن روش ژنتیک، از نرم‌افزار MATLAB 7 استفاده شده است. در این نرم‌افزار با انجام سعی و خطا اندازه جمعیت اولیه: ۱۰۰، احتمال پیوند: ۰/۸ و احتمال جهش ۱ در نظر گرفته شده است.

شکل ۲ هم‌گرایی روش الگوریتم ژنتیک را پس از ۶۰۰ نسل نشان می‌دهد. به‌این ترتیب که ابتدا نمونه‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و سپس با تغییر عملگرهای پیوند و جهش در هر نسل، عملیات بهینه‌سازی روی آن‌ها صورت گرفته و درنهایت حاصل هر دوره از نظر هم‌گرایی با دوره‌های پیشین مقایسه می‌گردد. در مطالعه حاضر، پس از ۶۰۰ نسل این هم‌گرایی بهینه حاصل گردیدکه این مطلب، یادآور یکی از ویژگی‌های ممتاز روش ژنتیک است که می‌تواند از چندین نقطه جستجو به‌طور هم‌زمان در یافتن نقطه بهینه مناسب استفاده کند.

همچنین در شکل ۳، تغییرات مقادیر برازندگی و شاخص بهترین نمونه‌ها نشان داده شده است. به‌طور کلی عملیات الگوریتم ژنتیک با درنظر گرفتن یک میزان بهینه کنترل می‌شود. در شکل ۳ در محور افقی خطی که نشان‌گر میزان بهینه برازندگی است به‌عنوان یک الگوی کلی به‌طور خودکار توسط نرم‌افزار Matlab 7 کشیده شده است که نشان می‌دهد، پس از انجام فرآیند بهینه‌سازی، میزان برازش نمونه‌ها باید به این الگو بهینه میل کند.

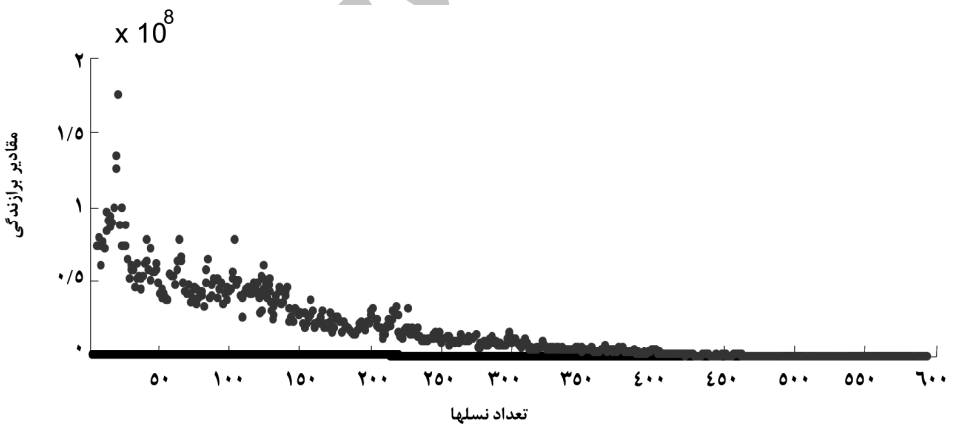
www.SID.ir



شکل ۲- نمایش معیار هم‌گرایی پس از ٦۰۰ نسل

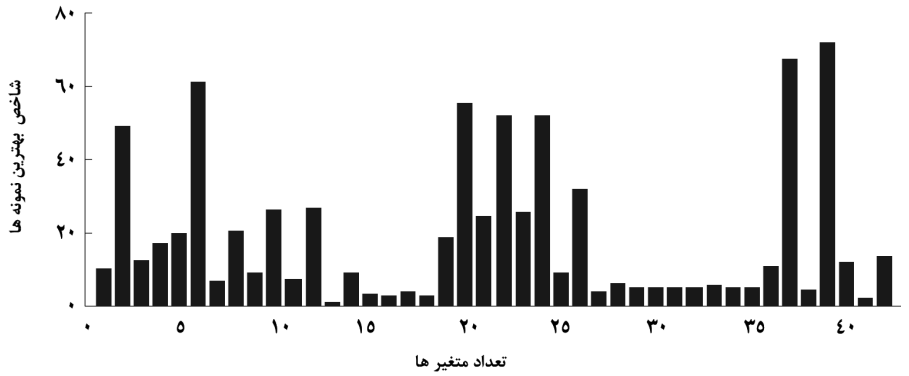
همان‌طور که مشخص است در این مطالعه پس از ٦۰۰ نسل به‌طور کامل همه متغیرها به‌میزان بهینه برازش خود رسیده‌اند.

در دیاگرام ستونی شکل ٤ متغیرهای مساله را پس از بهینه‌سازی می‌توان مشاهده نمود. میزان عددی هر یک از نمونه‌ها (٤۲ نمونه) به‌صورت ستونی ترسیم شده است. به‌عنوان مثال متغیر ۱ که خروجی از مخزن سد گلستان در ماه اسفند می‌باشد معادل ۷/۷۵٦ Mcm است.



شکل ۳- نمایش بهترین برازندگی

www.SID.ir



شکل ٤- نمایش متغیرهای حاصل از بهینه‌سازی

نتایج و بحث

الف- بهینه‌سازی بهره‌برداری از سد گلستان: در جدول ۹ اعداد مربوط به مقادیر به‌دست آمده پس از انجام بهینه‌سازی در مورد سد گلستان درج گردیده است:

جدول ۹- نتایج حاصل از بهینه‌سازی مخزن سد گلستان (برحسب میلیون مترمکعب).

ماه	خروجی از مخزن جهت تامین نیازهای کشاورزی	خروجی به مخزن وشمگیر	ذخیره در مخزن سد گلستان
اسفند	۷/۷۵٦	٤/۹٤	۳/۸
فروردین	۱۱/۲۱٦	٤/۸۹	۹/۲
اردیبهشت	۲۰/۱۷٤	٤/۹۷	۲۵/۳٦
خرداد	٤/۳۲۵٦	٤/۹۸	۳۱/۹۱
تیر	۱۰/۷۳۱	۵/۰۱	۳٤/۹۷
مرداد	۹/۰۹۲	۵/۱٤	۱۷/۳٤
شهریور	۲/۰۹۸	۵/۲۳	۹/٦

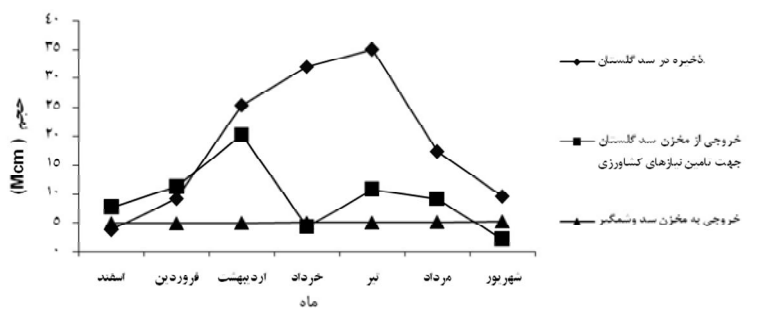
با توجه به مقادیر مندرج در جدول ۹ بیشترین میزان خروجی از مخزن جهت تامین نیازهای کشاورزی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به‌دست آمده است. علت این امر افزایش نیازهای آبی جهت آبیاری اراضی پایین‌دست سد در این ماه‌ها می‌باشد. در ماه‌های فروردین و اردیبهشت آبیاری

Archive of SID
www.SID.ir

غلات و در ماه اردیبهشت علاوه بر آن، اولین نوبت آبیاری پنبه نیز صورت می‌گیرد. همچنین کمترین میزان خروجی در ماه‌های خرداد و شهریور به‌دست آمده که علت آن کاهش نیاز آبی محصولات در اراضی پایین‌دست بوده است. این ماه‌ها نوبت آبیاری یونجه و ذرت بوده که سطح زیر کشت پایینی را در منطقه به‌خود اختصاص داده‌اند.

در مورد اعداد حاصل از ذخیره‌سازی با لحاظ حجم کنترل سیلاب ماهانه در مخزن سد، می‌توان مشاهده نمود که در طول ماه‌های بهره‌برداری از سد، ضمن تامین نیازهای پایین‌دست، حجم ذخیره مطلوبی درمخزن سدگلستان موجود بوده است. افزایش نیازهای آبی درماه اسفند و آغاز آب‌گیری در این ماه، باعث گشته که کمترین میزان ذخیره در مخزن، در این ماه مشاهده گردد که به‌دلیل پرباران بودن فصل بهار مشکلی درتامین نیازمندی‌ها درماه‌های آتی ایجاد نمی‌گردد.

مقادیر مربوط به تامین حق آبه سد وشمگیر نیز از روند خوبی برخوردار بوده و بیشترین میزان انتقال آب درماه‌های فصل تابستان رخ داده است که تطابق خوبی با مساله کنترل سیلاب در ماه‌های فوق دارد، چرا که شدیدترین سیلاب‌های این منطقه در فصل تابستان به‌وقوع پیوسته و با انتقال حجم بیشتری از مقادیر ورودی به پایین‌دست در این ماه‌ها، می‌توان از قسمت بیشتری از ظرفیت مخزن جهت کنترل سیلاب در منطقه استفاده نمود. در شکل ۵ مقادیرحاصل از بهینه‌سازی مخزن سد گلستان نشان داده شده است.



شکل ۵- بهینه‌سازی مقادیر مربوط به سد گلستان.

ب- نتایج حاصل از بهینه سازی بهره برداری از مخزن سد وشمگیر: در جدول ۱۰ اعداد مربوط به مقادیر به‌دست آمده ازبهینه‌سازی مخزن سد وشمگیر ارائه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود درماه‌های اسفند و اردیبهشت بیشترین میزان خروجی به‌دست آمده است که علت این امر آبیاری

www.SID.ir

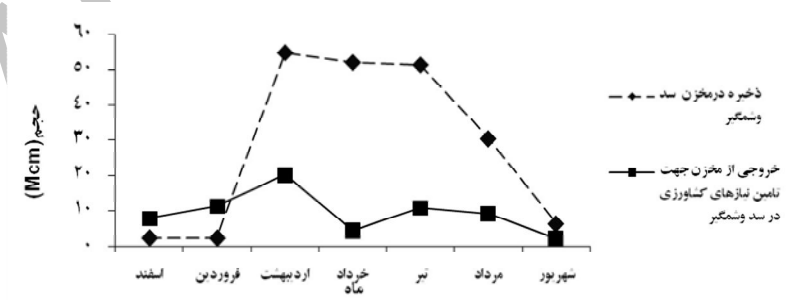
قسمت‌های وسیعی از اراضی می‌باشدکه به کشت غلات و پنبه اختصاص داده شده‌اند. همچنین کمترین میزان خروجی در ماه شهریور محاسبه شده که در این ماه تنها آبیاری یونجه و ذرت در سطح نسبتا محدودی از اراضی صورت می‌گیرد.

بیشترین میزان ذخیره در مخزن سد در اردیبهشت و کمترین آن در ماه‌های اسفند و فروردین محاسبه شده است .آغاز آبگیری و نیز زمان آبیاری غلات در این ماه‌ها از جمله علت‌های اصلی نزول ذخیره در مخزن سد به‌شمار می‌رود.

مهم‌ترین استفاده از میزان آب خروجی از مخزن سد وشمگیر به‌سمت دریا نیز جهت تامین نیاز موتورپمپ‌های پایین‌دست در حد فاصل سد تا دریا به‌منظور آب‌رسانی به اراضی پایین‌دست منطقه به کار برده می‌شود و بخش بزرگی از آن، معمولا بدون داشتن برنامه اصولی جهت کاربرد بهینه، به دریا می‌پیوندد.

جدول ۱۰- نتایج حاصل از بهینه‌سازی بهره‌برداری مربوط به مخزن سد وشمگیر (برحسب میلیون مترمکعب).

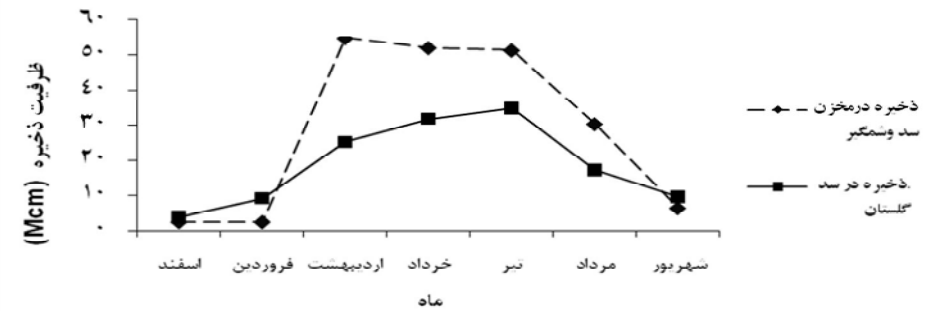
ماه	خروجی از مخزن وشمگیر	ذخیره درمخزن وشمگیر	خروجی به دریا
اسفند	٤٨/٨٦٩	٢/٤٨٩٧	٥/٣٧
فروردین	١٦/٢٢٨	٢/٤٦١	١٦/٠٤
اردیبهشت	٦٠/٣٨١	٥٤/٨٨	٤/٢٩
خرداد	٢١/٤٠٧	٥٢/١١	٦/٤
تیر	٢٥/٧٨	٥١/٤٢	٤٩/٩
مرداد	٢٧/١٧	٣٠/٤٣	١٩/٥٥
شهریور	٩/٦٧	٦/٣٥	٥١



شکل ٦- نتایج حاصل از بهینه‌سازی سد وشمگیر.

www.SID.ir

مقایسه میزان ذخیره بهینه در مورد هر دو مخزن: شکل ۷، میزان ذخیره ماهانه در حالت بهینه درمورد هر دو مخزن را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در مورد هر دو مخزن در شرایط بهینه کم‌ترین میزان ذخیره در ماه‌های اسفند و فروردین بوده و ماه‌های اردیبهشت، تیر و خرداد بیشترین میزان را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۷- رابطه میزان بهینه ذخیره در مخازن گلستان و وشمگیر.

بررسی کارآیی سیاست‌های بهره‌برداری از مخازن: ارزیابی سیاست‌های بهره‌برداری، آخرین و مهم‌ترین گام در استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی جهت بهره‌برداری از مخازن است.

ضریب اطمینان: قابلیت اطمینان یعنی احتمال این‌که شکستی در بهره‌برداری از سیستم در مدت زمانی مشخص رخ ندهد. برمبنا این تعریف قابلیت اطمینان نقطه مقابل مفهوم ریسک می‌باشدکه احتمال شکست سیستم در یک مدت زمان مشخص است. این شاخص نشان‌دهنده میزان تامین اهداف سیستم می‌باشد. درسیستم مورد بحث که هدف، تامین مطلوب نیازهای آبی اراضی پایین‌دست است قابلیت اطمینان به‌صورت احتمال تامین درصد معینی از نیازها در یک دوره زمانی مشخص تعریف می‌گردد. (کارآموز، ۲۰۰۳)

در جدول ۱۱ میزان نیازهای ماهانه قابل تامین مخازن سد گلستان و سد وشمگیرو نیز مقادیر خروجی از هریک جهت تامین نیازها پس از بهینه‌سازی نوشته شده است.

www.SID.ir

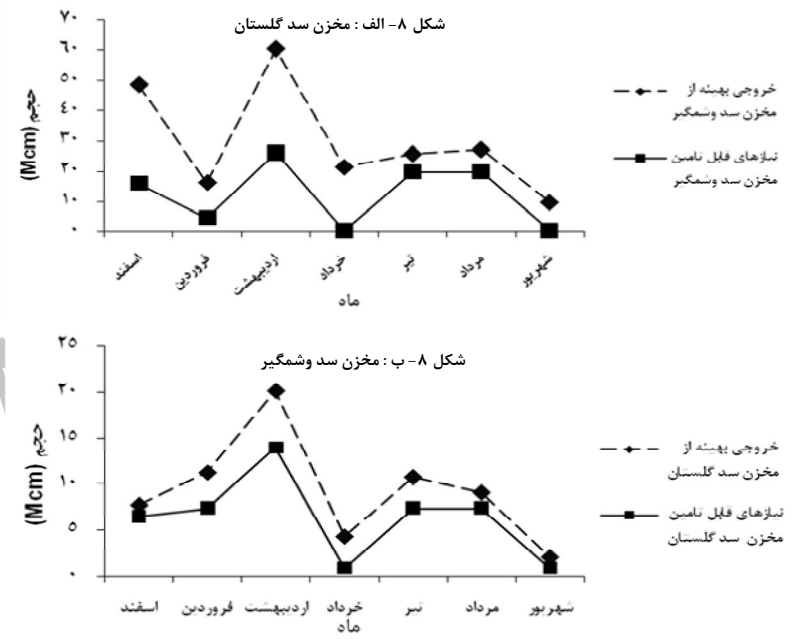
جدول ۱۱- مقادیر مربوط به محاسبه ضریب اطمینان در سیستم پس از بهینه‌سازی (برحسب میلیون متر مکعب).

ماه	خروجی بهینه از مخزن سد گلستان	نیازهای قابل تامین مخزن سد گلستان	خروجی بهینه از مخزن سد وشمگیر	نیازهای قابل تامین مخزن سد وشمگیر
اسفند	۷/۷۵٦	٦/٥	٤٨/٦٩٤	١٦
فروردین	١١/٢١٦	۷/٤١	١٦/٢٢٨	١٦/٤١
اردیبهشت	٢٠/١٧٤	١٣/٩١	٦٠/٣٨١	٢٦/٠٦
خرداد	٤/٣٢٥	٠/٩١	٢١/٤٠٧	٠/٤١
تیر	١٠/٧٣	۷/٤١	٢٥/٧٨	١٩/٧٦
مرداد	٩/٠٩٣	۷/٤١	٢٧/١٧	١٩/٧٦
شهریور	٢/٠٩٨	٠/٩١	٩/٦٧	٠/٤١

قابلیت اطمینان از رابطه زیر محاسبه می گردد :

a_{100}= (تعداد کل ماه‌های بهره‌برداری/تعداد ماه‌هایی که ۱۰۰درصد نیاز آن‌ها تامین شده است)

شکل ۸ ضریب اطمینان سیستم مورد بررسی را در مورد هریک از مخازن نشان می‌دهد.



شکل ۸- تعیین ضریب اطمینان در مورد هر یک از مخازن.

www.SID.ir

با توجه به شکل، پس از بهینه‌سازی، می‌توان نیازهای کشاورزی پایین‌دست منطقه را در ماه‌های بهره‌برداری در مورد هر دو مخزن، به‌طور کامل تامین نمود و از اتلاف بیهوده آب خروجی جلوگیری به‌عمل آورد. از طرفی با توجه به‌رابطه قابلیت اطمینان، ضریب اطمینان مورد سد گلستان با توجه به تامین مطلوب ماهانه نیازمندی‌ها ۱۰۰درصد و درمورد سد وشمگیر۸۵/۷۱ درصد خواهد بود. به عبارت دیگردر مورد سد گلستان به‌طور۱۰۰درصد و در مورد سد وشمگیر با احتمال ۸۵/۷۱ درصد در شرایط بهره‌برداری بهینه شکستی رخ نخواهد داد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه بهینه‌یابی بهره‌برداری ازیک سیستم دو مخزنه شامل سدهای گلستان و وشمگیر واقع در حوضه گرگان‌رود با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک انجام گردید. به‌دلیل نقش مهم مخزن سد گلستان در کنترل سیلاب‌های سالانه در منطقه، محاسبات مربوط به‌حجم کنترل سیلاب در مخزن این سد انجام گرفت و پس از روندیابی از مخزن، حجم کنترل سیلاب در مخزن سد گلستان معادل ٣٦ میلیون‌متر مکعب ارزیابی و به‌عنوان یکی از قیود مربوط به‌ظرفیت ذخیره در محاسبات مربوط به بهینه‌سازی بهره‌برداری از آن، لحاظ گردید. بااستفاده از آمار مربوط به حجم ورودی‌های ماهانه به مخزن شماره یک، طی ۵ سال بهره‌برداری و نیز محاسبه نیاز آبی گیاهان کشت شده در پایین‌دست هر یک از مخازن براساس سطح زیر کشت و همچنین میانگین ١٤ ساله آمار ماهانه مربوط به جریانات حد فاصل مخازن با لحاظ حجم تلفات ناشی از تبخیر از هر مخزن، برنامه بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم دو مخزنه نام برده به روش الگوریتم ژنتیک چند جمعیتی در نرم‌افزار MATLAB- 7، اجرا شده و پاسخ‌های به‌دست آمده در زمینه‌های حجم آب خروجی در ماه‌های مختلف و همچنین حجم آب رها شده از هر یک از مخازن به پایین‌دست، با استفاده از آنالیز حساسیت در رابطه با تغییر احتمال عملگرهای پیوند و جهش و نیز شرایط مطلوب رسیدن به هم‌گرایی بهینه مورد ارزیابی قرارگرفت .نتایج به‌دست آمده از مطالعه بیشترین میزان ذخیره را در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر وکم‌ترین میزان ذخیره را در ماه‌های اسفند، فروردین، مرداد و شهریور نشان می‌دهد که متناسب با میزان نیازمندی‌های قابل تأمین در ماه‌های نام برده می‌باشد. در این مطالعه، بهترین شرایط هم‌گرایی در مورد احتمال پیوند ۰/۸ و احتمال جهش ۰/۱ به‌صورت گوسی، پس از ٦۰۰ نسل اجرا حاصل شد و پس از

www.SID.ir

مقایسه نتایج به‌دست آمده از بهینه‌سازی و نیازهای قابل تأمین در سیستم مورد بررسی، ضریب اطمینان کارآیی سیستم در مورد سد گلستان ۱۰۰ درصد و در مورد سد وشمگیر ۸۵/۷۱ درصد محاسبه گردید.

سپاسگزاری

بدینوسیله از جناب آقای دکتر علی حاتمی که در کلیه مراحل جمع‌آوری، تهیه و تدوین این مقاله، کمک‌های شایانی نمودند نهایت تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

1.Alizade, A. 2002. Principles of applied hydrology. Emamreza Univ. Press, 735p. (In Persian)
2.Balla, M.C., and Lingireddy, S. 2000. Genetic algorithms in Pipeline optimization. J. Comp. Civ. Eng. 14: 199-205.
3.Easat, V. and Hall, M. 1994. Water resources system optimization using gentic algorithms. J. Hydr. Res. 11: 225-231.
4.Goldberg, D. 1989. Genetic algorithms in search optimization and machine learning. J. Hydr. Res. 8: 354-361.
5.Hall, W.A., Harboe, W. 2004. Optimum firm power output from a two reservoir system by incremental dynamic programming. J. Water. Res. Ctr. 13: 273-282.
6.Hoseinian, A. 2001. Report of flood in Gorgarood basin. Golestan Regional Water Co. Pp: 12-45. (In Persian)
7.Jian, C. Qiang, H., and Min, W. 2005. Genetic algorithm for optimal dispatching. J. Water. Res. Mgmt. 19: 321-331.
8.Karamooz, M. 2003. Water quality and management. Amirkabir Univ. Press, 404p. (In Persian)
9.Ndirito, J. 2003. Reservoir system optimization using a penalty approach and a multi population genetic algorithm. J. Water res. Mgmy. 29: 273-289.
10.Sharif, M. and Wardlaw, R. 2000. Multireservoir systems optimization Using Genetic Algorithms. J. Comput. Civ. Eng. 14: 255-263.
11.Tehran, berkly. 1999. Report of golestan reservoir. Golestan Regional Water Co. Pp: 146-160
12.Wardlaw, R. and Sharif, M. 1999. Evaluation of genetic algorithms for optimal reservoir system operation. J. Water Res. Mgmy. 12: 25-33.
13.Yoosefi, G. 1999. Report of voshmgir reservoir. Golestan Regional Water Co. Pp: 12- 50.

Archive of SID
www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(2), 2011
http://jwfst.gau.ac.ir

A multi-reservoir system operation optimization using multi population genetic algorithms (Case study: Golestan and Voshmgir reservoirs)

B. Norozi[1], Gh. A. Barani[2], M. Meftah halghi[3] and A.A. Dehghani[4]

[1]Instructor, Dept. of Water Civil Enginnering, Lamei University, [2]Professor, Civil Engineering, Shahid Bahonar University, [3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2009-12-15; Accepted: 2011-11-19

Abstract

Nowadays new models have developed that provide us more with evaluating water resource systems omplications moreover; they are used extensively in quantitative operation of water resources. Therefor extensive studies have been done about optimized operation of single reservoir systems.With attention to the desirable results from optimized operation of single reservoir systems, nowadays extensive researches about multireservoir systems have been done with more complexities. So a multireservoir system was studied. One of the modern methods of optimization is Ga used in this study for optimal operation of a double reservoir system consisting Golestan and Voshmgir reservoir located in Gorganrood river basin. Both reservoirs are used to supply agriculture demands of the area, considering many floods occurred in the understudy area, Golestan reservoir plays a key role in yearly flood control in the region. So exact calculation of control volume in this reservoir is very important. To continue the research consists of:stages of Ga method, study of Gorganrood basin and reservoirs built on this river, becoming familiar with the goals for building of each reservoir and calculating control volume in Golestan reservoir through flood routing using hec-5, introducing continuing equations of doubleb reservoirs system, objective and penalty functions. Finally analysis of results through charts and graphs and comparing to real demands was demonstrated that with mutation probability 0.1 and crossover probability 0.8 after 600 generations will have reliability coefficient of 100% for Golestan reservoir and 85.74% for Voshmgir reservoir.

***Keywords*:** Genetic algorithm; Optimization; Penalty functions; Flood routing

*Corresponding Author; Email: nuroozi_123@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir