



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

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 نوروژی<sup>۱</sup>، غلامعباس بارانی<sup>۲</sup>، مهدی مفتاح هلقی<sup>۳</sup> و امیراحمد دهقانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>مربی گروه، عمران آب، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی لامعی گرگان، استاد گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، <sup>۲</sup>استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup>استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۸

### چکیده

امروزه مدل‌های مناسبی که امکان در نظر گرفتن پیچیدگی‌های سیستم‌های منابع آب را بیش از پیش فراهم سازند، توسعه یافته و از 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 به کار 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 حذفاصل مخازن، تابع هدف موردنظر نوشته شده و سپس 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 این ترتیب پس از ۶۰۰ نسل، میزان بهینه

\*مسئول مکاتبه: [nuroozi\\_123@yahoo.com](mailto:nuroozi_123@yahoo.com)

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 سد گلستان ۱۰۰ درصد و در مورد سد وشمگیر ۸۵/۷۱ درصد برآورد گردید.

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

#### مقدمه

به‌طور کلی 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. در سال‌های اخیر الگوریتم‌های تکاملی به‌عنوان یک روش بهینه‌سازی قدرتمند جهت بهینه‌سازی سیستم‌های چند مخزنه گسترش یافته‌اند. اصول اساسی این روش به نقل از بالاولینگریدی و همکاران (۲۰۰۰)، برای اولین بار توسط هولند و همکاران (۱۹۷۵) در دانشگاه 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 (۱۹۹۴)، الگوریتم ژنتیک را برای حل یک مساله چهار مخزنه به‌کار بردند و نتیجه گرفتند که این روش، پتانسیل مناسبی در حل مسائل بهینه‌سازی منابع آب دارد و صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و حافظه کامپیوتر صورت می‌پذیرد. واردلا و شریف (۱۹۹۹)، از الگوریتم ژنتیک برای برنامه‌ریزی سیستم‌های چند مخزنه استفاده کردند و آن 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 از سوابق کاربرد الگوریتم ژنتیک در منابع آب، روش‌های مختلف عملگرهای ژنتیکی را تشریح نموده و سپس از آن در بهینه‌سازی برنامه‌ریزی یک مساله چهار مخزنه بهره گرفتند. بالاولینگریدی (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.

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 کارایی 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 به نتایج مشابهی دست یافت.

ساموئل و جهانیز به نقل از هال و هاریو (۲۰۰۴)، 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 تا حدودی کم است، الگوریتم ژنتیک بهترین پاسخ را در مقایسه با سایر روش‌ها ارائه می‌دهد. چیان 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 گرفتند که 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 بر توانایی‌های الگوریتم ژنتیک که یک تکنیک جستجو و بهینه‌سازی قوی با کاربرد وسیع در مسایل مهندسی می‌باشد، بهره‌برداری از یک سیستم دو مخزنه (مخازن سدهای گلستان و وشمگیر) در حوضه گرگان‌رود، مورد بهینه‌سازی قرار گرفته است، به طوری که در طول ماه‌های بهره‌برداری از این سیستم، عملکرد سدهای فوق به نحوی باشد که ضمن مهار سیلاب‌های سالانه منطقه، بیشترین میزان ذخیره‌سازی در ماه‌های خشک را توأم با تامین مطلوب نیازهای آبی پایین دست سدها داشته باشد. محاسبه دقیق حجم کنترل سیلاب در سدهای موجود در مناطق سیل خیز و کاهش هزینه‌های غیر ضروری، تلفات و ضایعات در سیستم نیز از دیگر اهداف موردنظر در این مطالعه بوده است.

## 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 و طول ۵۵ درجه و ۱۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه در فاصله ۱۵ کیلومتری شمال شرقی گنبد کاووس واقع شده است. این سد، بر روی شاخه اصلی گرگان‌رود، احداث و جریان رودخانه‌های اوغان، دوغ و. به آن می‌ریزد. حجم آورد سالانه گرگان‌رود ۱۹۰/۷ میلیون متر مکعب می‌باشد و آبیگری 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	۶۲ متر
تراز سد در سیلاب طرح	۶۵/۳۵ 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 ۸۶ به ۵۰ میلیون مترمکعب کاهش یافت و این حجم، در این مطالعه در نظر گرفته شده است.

**سد مخزنی وشمگیر:** سد و شبکه آبیاری وشمگیر در گستره گرگان در پایین‌دست سد گلستان، بر حوضه آبریز گرگان‌رود و در موقعیت ۵۴ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی بین شهرستان‌های علی‌آباد و آق‌قلا واقع گردیده و در سال ۱۳۴۹ آب‌گیری گردید. در سال ۱۳۵۶ شبکه ساحل چپ و سال ۱۳۵۷ شبکه ساحل راست، نیز به بهره‌برداری رسید (یوسفی، ۱۹۹۹).

لازم به ذکر 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.

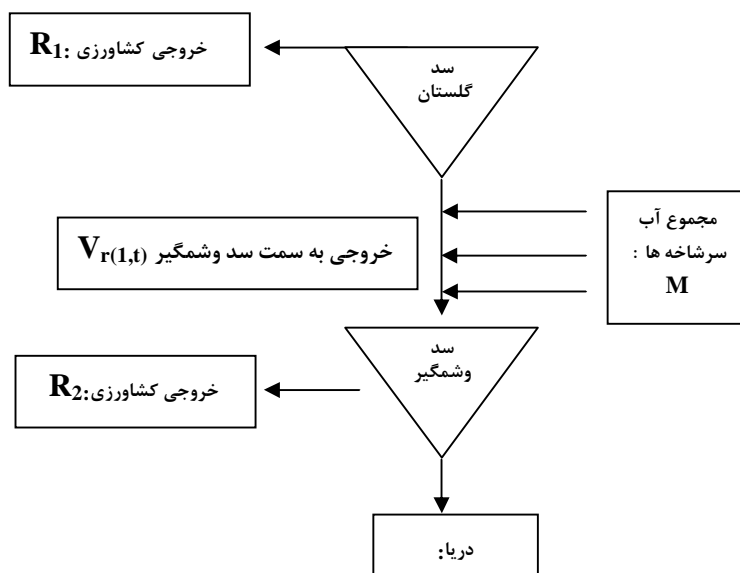
جدول ۲- مشخصات سدوشمگیر (یوسفی، ۱۹۹۹).

طول تاج سد	۴۳۰ متر
حداکثر ارتفاع از پی	۲۸ متر
. طول کانال اصلی سمت راست	۱۷/۷۶ کیلومتر
دبی متوسط کانال اصلی سمت راست	۹ متر مکعب بر ثانیه
طول کانال اصلی سمت چپ	۲۲/۸۶ کیلومتر
دبی متوسط کانال اصلی سمت چپ	۴ متر مکعب بر ثانیه
دبی متوسط در کانال های ثانویه	۲۰۰ تا ۱۸۰۰ لیتر بر ثانیه

**الگوریتم ژنتیک:** الگوریتم ژنتیک یک مدل از الگوریتم‌های تکاملی است که رفتارشان از مکانیسم‌های تکاملی در طبیعت الگوبرداری شده است. به طوری که افراد جامعه به وسیله کروموزوم مشخص می‌شوند. جمعیت کروموزوم‌ها (افراد جامعه) بعد از آن وارد مرحله‌ای شبیه تکامل می‌شوند، عملگرهای انجام کار روی 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 به طور تصادفی جامعه‌ای از کروموزوم‌ها ایجاد و سپس برازندگی آن‌ها محاسبه و تعیین می‌گردد. در ادامه به وسیله عملگرهای پیوند و جهش جامعه‌ای جدید با مقادیر برازندگی بالاتر تولید می‌شود. تکرار یک بار حلقه باعث به وجود آمدن یک نسل می‌شود. در هر بار انجام حلقه، از جامعه قبلی صرف نظر شده و به جای آن جامعه جدید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نسل اول در واقع به طور تصادفی انتخاب و سپس با توجه به برازندگی افراد و عملگرهای موجود، جامعه به سمت افراد با برزش بالاتر سوق داده می‌شود (گلدبرگ، ۱۹۸۹).

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



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

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

$$\begin{aligned}
 S_{(1,t+1)} - S_{(1,t)} &= I_{(1,t)} - R_{(1,t)} - V_{r(1,t)} - E_{(1,t)} \\
 V_{r(1,t)} + M &= I_{(2,t)} \\
 S_{(2,t+1)} - S_{(2,t)} &= I_{(2,t)} - R_{(2,t)} - V_{r(2,t)} - E_{(2,t)}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

که در آن:  $V_{r(1,t)}$ : آب رها شده از سد بالادست (سد گلستان) به سمت سد پایین دست (سد وشمگیر) در زمان  $t$ ;  $M$ : آب ورودی از سر شاخه‌ها به سد شماره ۲ (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 (سد وشمگیر) در زمان  $t$  جهت تامین نیازهای کشاورزی اراضی پایین دست  $V_{r(2,t)}$ : خروجی از مخزن ۲ (سد وشمگیر) به سمت دریا و  $E$ : حجم تبخیر ماهانه هر یک از مخازن در زمان  $t$  است.

محاسبه حجم کنترل سیلاب در سد مخزنی گلستان: یکی از روش‌های مهم برای کنترل سیلاب و استفاده از ظرفیت مخزن برای ذخیره نمودن، روندیابی و تنظیم 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  $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  بوده و این، در حالی است که در مشخصات سد گلستان پیک سیلاب PMF ورودی به مخزن  $2389 \text{ m}^3/\text{s}$  پیش‌بینی شده بود. به‌منظور انجام محاسبات مربوط به حجم کنترل سیلاب از نرم‌افزار 5-Hec استفاده شد و با توجه به این‌که حداکثر ظرفیت رودخانه‌های منطقه مورد بررسی  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  بوده است، پس از روندیابی، حداکثر حجم کنترل قابل قبول ۳۶ میلیون مترمکعب برآورد گردید.

بهره‌برداری از سد گلستان 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  $3000-3500 \text{ m}^3$  پنبه  $6000 \text{ m}^3$ ، یونجه  $5000 \text{ m}^3$  و ذرت  $6000 \text{ m}^3$  در نظر گرفته شده است. همچنین حق‌آبه سدوشمگیر در پایین‌دست، در طول ۷ ماه بهره‌برداری از سد ماهانه بین ۴ 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	۶۰۰۰	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۰	۰	۰	۰
پنبه	۳۰۰۰	۰	۰	۶/۵	۰	۶/۵	۶/۵	۰
یونجه	۵۰۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
ذرت	۵۰۰	۰	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱

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 در ایستگاه، تبخیر از سطح آزاد آب معادل ۷۰ درصد تبخیر از تشتک، در نظر گرفته شده است. در جدول ۴ مقادیر مربوط به محاسبات تبخیر به صورت ماهانه ارائه شده است.

جدول ۴- مقادیر مربوط محاسبات تبخیر از سد گلستان (تهران - برکلی، ۱۹۹۹).

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	ماه
۰/۱۷	۰/۴۷	۰/۷۷	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۱۱۸	۰/۳۷	ارتفاع تبخیر از تشتک (متر)
۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۵۴	۰/۲۹	۰/۱۸۵	۰/۰۸۳	۰/۲۱۶	تبخیر از سطح آزاد آب (متر)
۷/۰۵	۴/۴۲	۳/۴۷	۵/۷۸	۵/۱۲	۷/۵۸	۲/۶۸	سطح (کیلومتر مربع)
۰/۸۵	۱/۴۸	۱/۸۹	۱/۶۸	۰/۹۵	۰/۶۳	۰/۵۸	حجم تلفات ناشی از تبخیر (متر سانتی متر)

بهره‌برداری از سد و شمشیر جهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی: به طور مشابه مقادیر مربوط به تامین نیازهای کشاورزی سد و شمشیر بر اساس سطح زیر کشت و نیاز آبی هر یک از محصولات در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین در جدول ۶ مقادیر مربوط به محاسبات تبخیر به صورت ماهانه قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر مربوط به تامین نیازهای کشاورزی سد و شمشیر (برحسب میلیون مترمکعب) (یوسفی، ۱۹۹۹).

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	متوسط سطح زیر کشت (ha)	محصول
۰	۰	۰	۰	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲۰۳۳/۷	غلات
۰	۱/۴	۱/۴	۰	۱/۴	۰	۰	۷۰۰	پنبه
۰/۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰	۵۰۰	یونجه
۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۱۹	۰	۵۰۰	ذرت
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۲۶	-	آبندان
۰	۰	۰	۰	۶/۲۹	۶/۲۹	۶/۲۹	۶۳۰۰	غلات
۰	۱۳	۱۳	۰	۱۳	۰	۰	۶۵۰۰	پمپاژسواحل
-	-	-	-	-	-	۴/۲۲	-	راست و چپ سد
۰	۰	۰	۰	۰	۱/۴	۱/۴	۸۰۰	غلات
۰	۵	۵	۰	۵	۰	۰	۲۵۰۰	پنبه



جدول ۶- مقادیر مربوط محاسبات تبخیر از سد وشمگیر (یوسفی، ۱۹۹۹).

ماه	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
تبخیر از سطح آزاد آب (میلی متر)	۳۵/۱	۶۷/۱	۹۵/۳	۱۴۰/۲	۱۵۴/۹	۱۵۰/۶	۱۱۲/۴
سطح (کیلومتر مربع)	۱۳/۲۳۶	۱۸/۸۵۳	۲۰/۲۳۷	۱۹/۱۱۶	۱۲/۲۹	۴/۲۱۱	۱/۶۷۵
حجم تلفات ناشی از تبخیر (مترسانی متر)	۰/۴۶۵	۱/۲۶۵	۱/۹۲۹	۲/۶۸	۱/۹۰۵	۰/۶۳۴	۰/۱۸۸

**تابع هدف:** در سیستم دو مخزنه مورد بررسی با توجه به این که 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 به صورت رابطه‌ی ۲ در نظر گرفته شده است.

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

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، می باشد.

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

$(R_2 - D_2)^2$ : مربوط به مخزن پایین دست (سد وشمگیر) می باشد و مقادیر  $R_2, D_2$  به ترتیب میزان نیازآبی گیاهان پایاب و میزان خروجی از مخزن سد جهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی می باشند و  $P(x)$ : تابع پنالتی است.

**معرفی توابع پنالتی در سیستم مورد بررسی:** در روش الگوریتم ژنتیک، قیود، به صورت توابعی به نام پنالتی در محاسبات مربوط به تابع هدف دخالت داده می شوند. شکل کلی به کار بردن این توابع بر حسب نوع متغیرها و شرایط هر سیستم متفاوت است.

در سیستم مورد بررسی با انتخاب یک عدد ثابت نسبتاً بزرگ (۲۰۰۰۰) محدوده متغیرها به صورت زیر در محاسبات وارد می شوند. به عنوان مثال برای نوشتن محدودیت:

$$50 < S(1,t) < 2/5 \text{ حد بالا و پایین متغیر } S(1,t) \text{ به صورت جدا و به فرم زیر ارایه می شوند:}$$

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

که ۲۰۰۰۰ ثابت پنالتی و  $\max(1 - (S(1,t)/2/5), 0)$  عبارت مربوط به تعریف حدپایین و  $\max((S(1,t)/50) - 1, 0)$  عبارت مربوط به تعریف 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  $|S(1,t+1) - S(1,t)| > 20$  و  $|S(2,t+1) - S(2,t)| > 20$  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.

$E_2$ (Mcm)	$E_1$ (Mcm)	$I_1$ (Mcm)	$M$ (Mcm)	$D_2$ (Mcm)	$D_1$ (Mcm)	T (ماه)
۰/۴۶۵	۰/۵	۲۰/۴۳۲	۷۶۰۶۹	۱۶	۶/۵	۱۲
۱/۲۶۵	۰/۶۳	۳۷/۱۷۳	۱۲۳/۷۴۹	۱۴/۶۱	۷/۴۱	۱
۱/۹۲۹	۰/۹۵	۳۷/۰۷۵	۸۸/۹۲۳	۲۶/۰۶	۱۳/۹۱	۲
۲/۶۸	۱/۶۸	۱۸/۰۲	۳۸/۵۸۹	۰/۶۳۱۹	۰/۹۱	۳
۱/۹۰۵	۱/۸۹	۲/۷	۹/۸۳	۱۹/۷۴	۷/۴۱	۴
۰/۶۳۴	۱/۴۸	۱۰/۱۴	۵/۱۶۹	۱۹/۷۶	۷/۴۱	۵
۰/۱۸۸	۰/۸۵	۳/۵۱۸	۸/۷۳۲	۰/۶۳۱۹	۰/۹۱	۶

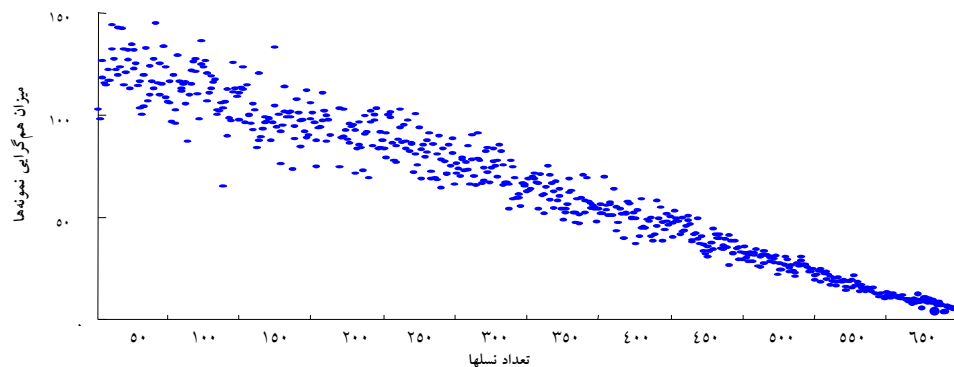
مقادیر  $D_1, D_2$  براساس مقادیر تامین نیازهای پایاب هر یک از مخازن که در جدول‌های ۳ و ۵ شرح داده شده، محاسبه شده‌اند. همچنین مقدار  $M$  که مجموع جریان‌های سرشاخه‌ها می‌باشد طی ۱۵ سال آمار از ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در انتها هر شاخه فرعی برداشت شده است.  $I_1$  نیز میانگین ورودی‌های ماهانه به مخزن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

مقادیر  $E_1, E_2$  نیز حجم تلفات ناشی از تبخیر در مورد هر مخزن می‌باشد که به صورت ماهانه از جدول‌های سطح - حجم به دست آمده است.

مشخصات الگوریتم ژنتیک به کار برده شده: پس از یافتن تابع هدف مناسب و معرفی محدوده هریک از متغیرها در قالب توابع پنالتی، جهت به کار 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. به این ترتیب که ابتدا نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و سپس با تغییر عملگرهای پیوند و جهش در هر نسل، عملیات بهینه‌سازی روی آن‌ها صورت گرفته و در نهایت حاصل هر دوره از نظر هم‌گرایی با دوره‌های پیشین مقایسه می‌گردد. در مطالعه حاضر، پس از ۶۰۰ نسل این هم‌گرایی بهینه حاصل گردید که این مطلب، یادآور یکی از ویژگی‌های ممتاز روش ژنتیک است که می‌تواند از چندین نقطه جستجو به طور هم‌زمان در یافتن نقطه بهینه مناسب استفاده کند.

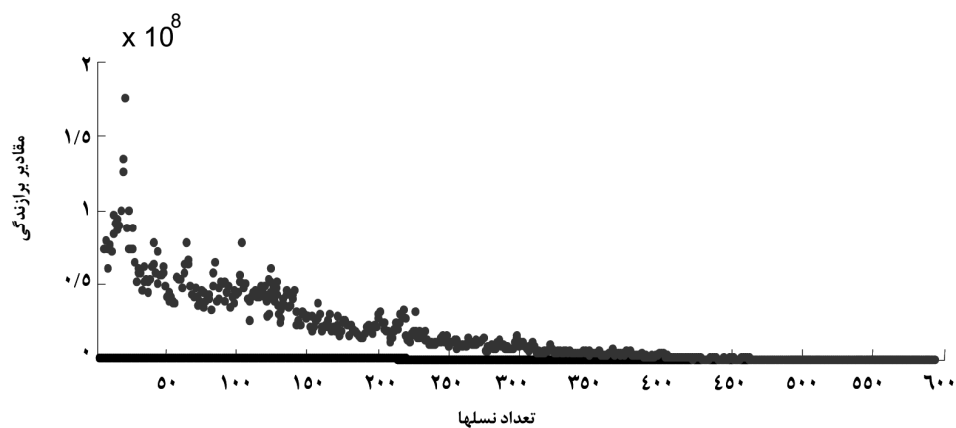
همچنین در شکل ۳، تغییرات مقادیر برازندگی و شاخص بهترین نمونه‌ها نشان داده شده است. به طور کلی عملیات الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن یک میزان بهینه کنترل می‌شود. در شکل ۳ در محور افقی خطی که نشان‌گر میزان بهینه برازندگی است به عنوان یک الگوی کلی به طور خودکار توسط نرم‌افزار Matlab 7 کشیده شده است که نشان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



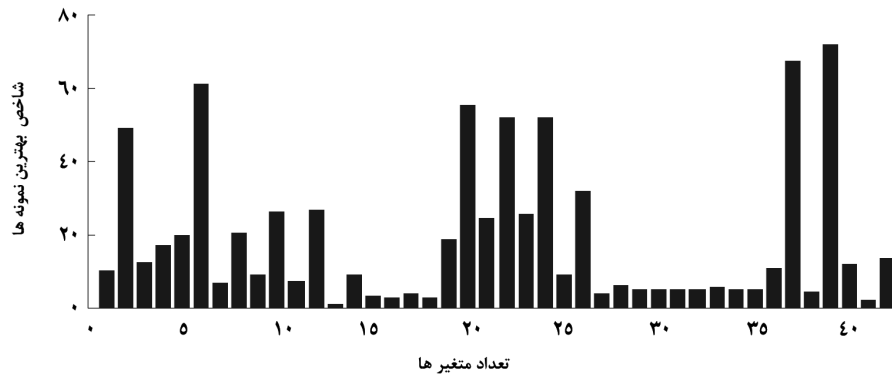
شکل ۲- نمایش معیار هم‌گرایی پس از ۶۰۰ نسل

همان‌طور که مشخص است در این مطالعه پس از ۶۰۰ نسل به‌طور کامل همه متغیرها به‌میزان بهینه برآزش خود رسیده‌اند.

در دیاگرام ستونی شکل ۴ متغیرهای مساله را پس از بهینه‌سازی می‌توان مشاهده نمود. میزان عددی هر یک از نمونه‌ها (۴۲ نمونه) به‌صورت ستونی ترسیم شده است. به‌عنوان مثال متغیر ۱ که خروجی از مخزن سد گلستان در ماه اسفند می‌باشد معادل  $7/756 \text{ Mcm}$  است.



شکل ۳- نمایش بهترین برازندگی



شکل ۴- 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).

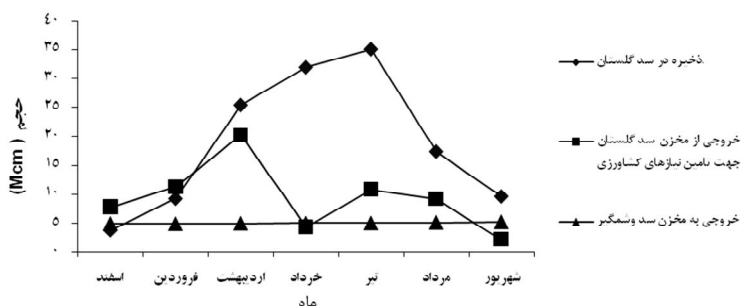
ذخیره در مخزن سد گلستان	خروجی به مخزن وشمگیر	خروجی از مخزن جهت تامین نیازهای کشاورزی	ماه
۳/۸	۴/۹۴	۷/۷۵۶	اسفند
۹/۲	۴/۸۹	۱۱/۲۱۶	فروردین
۲۵/۳۶	۴/۹۷	۲۰/۱۷۴	اردیبهشت
۳۱/۹۱	۴/۹۸	۴/۳۲۵۶	خرداد
۳۴/۹۷	۵/۰۱	۱۰/۷۳۱	تیر
۱۷/۳۴	۵/۱۴	۹/۰۹۲	مرداد
۹/۶	۵/۲۳	۲/۰۹۸	شهریور

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

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 در مخزن سد گلستان موجود بوده است. افزایش نیازهای آبی در ماه 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 در تامین نیازمندی‌ها در ماه‌های آتی ایجاد نمی‌گردد.

مقادیر مربوط به تامین حق آبه سد و شمشگیر نیز از روند خوبی برخوردار بوده و بیشترین میزان انتقال آب در ماه‌های 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 مقادیر حاصل از بهینه‌سازی مخزن سد گلستان نشان داده شده است.



شکل ۵- بهینه‌سازی مقادیر مربوط به سد گلستان.

ب- نتایج حاصل از بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن سد وشمگیر: در جدول ۱۰ اعداد مربوط به مقادیر به‌دست آمده از بهینه‌سازی مخزن سد وشمگیر ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در ماه‌های اسفند و اردیبهشت بیشترین میزان خروجی به‌دست آمده است که علت این امر آبیاری

## بنفشه نوروژی و همکاران

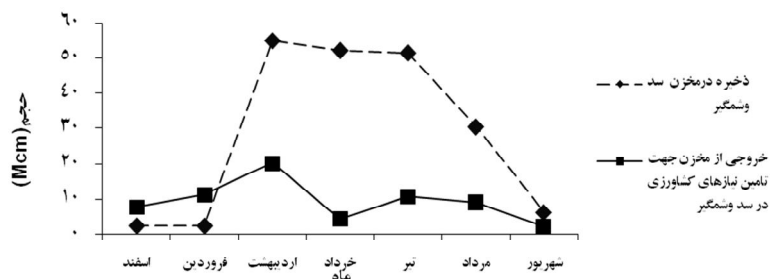
قسمت‌های وسیعی از اراضی می‌باشد که به کشت غلات و پنبه اختصاص داده شده‌اند. همچنین کمترین میزان خروجی در ماه شهریور محاسبه شده که در این ماه تنها آبیاری یونجه و ذرت در سطح نسبتاً محدودی از اراضی صورت می‌گیرد.

بیشترین میزان ذخیره در مخزن سد در اردیبهشت و کمترین آن در ماه‌های اسفند و فروردین محاسبه شده است. آغاز آبیاری 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 و شمشگیر به سمت دریا نیز جهت تامین نیاز موتورپمپ‌های پایین دست در حد فاصل سد تا دریا به منظور آبرسانی به اراضی پایین دست منطقه به کار برده می‌شود و بخش بزرگی از آن، معمولاً بدون داشتن برنامه اصولی جهت کاربرد بهینه، به دریا می‌پیوندد.

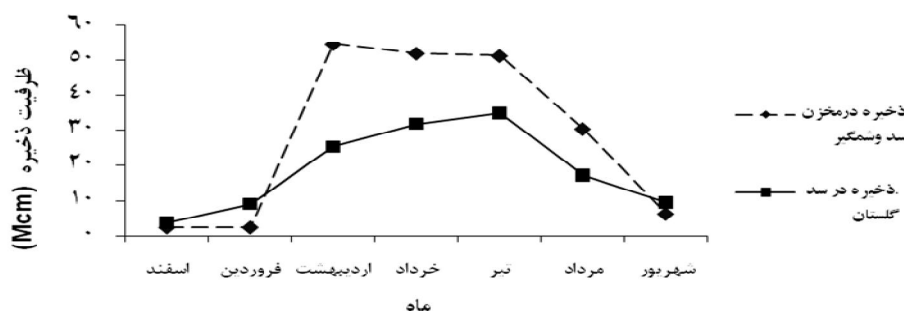
جدول ۱۰- نتایج حاصل از بهینه‌سازی بهره‌برداری مربوط به مخزن سد و شمشگیر (برحسب میلیون مترمکعب).

ماه	خروجی از مخزن و شمشگیر	ذخیره در مخزن و شمشگیر	خروجی به دریا
اسفند	۴۸/۸۶۹	۲/۴۸۹۷	۵/۳۷
فروردین	۱۶/۲۲۸	۲/۴۶۱	۱۶/۰۴
اردیبهشت	۶۰/۳۸۱	۵۴/۸۸	۴/۲۹
خرداد	۲۱/۴۰۷	۵۲/۱۱	۶/۴
تیر	۲۵/۷۸	۵۱/۴۲	۴۹/۹
مرداد	۲۷/۱۷	۳۰/۴۳	۱۹/۵۵
شهریور	۹/۶۷	۶/۳۵	۵۱



شکل ۶- نتایج حاصل از بهینه‌سازی سد و شمشگیر.

مقایسه میزان ذخیره بهینه در مورد هر دو مخزن: شکل ۷، میزان ذخیره ماهانه در حالت بهینه در مورد 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 کارایی 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. بر مبنای این تعریف قابلیت اطمینان نقطه مقابل مفهوم ریسک می‌باشد که احتمال شکست سیستم در یک مدت زمان مشخص است. این شاخص نشان‌دهنده میزان تامین اهداف سیستم می‌باشد. در سیستم مورد بحث که هدف، تامین مطلوب نیازهای آبی اراضی پایین‌دست است قابلیت اطمینان به صورت 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 وشمگیر و نیز مقادیر خروجی از هر یک جهت تامین نیازها پس از بهینه‌سازی نوشته شده است.



## بنفشه نوروژی و همکاران

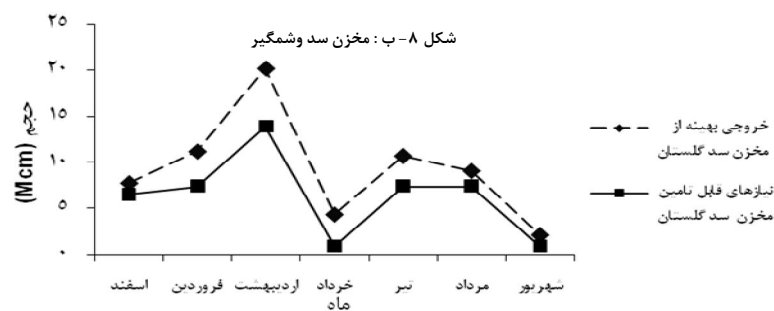
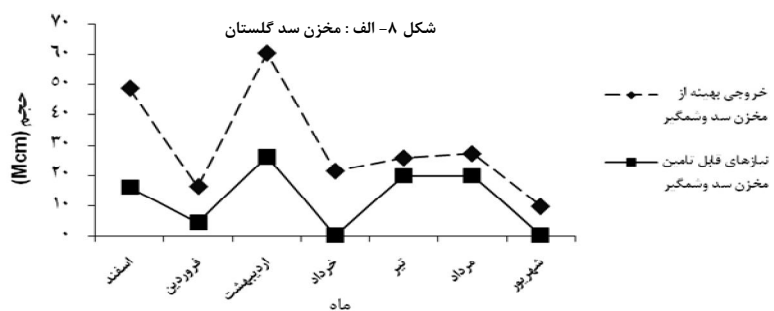
جدول ۱۱- مقادیر مربوط به محاسبه ضریب اطمینان در سیستم پس از بهینه‌سازی (برحسب میلیون متر مکعب).

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	۷/۷۵۶	۶/۵	۴۸/۶۹۴	۱۶
فروردین	۱۱/۲۱۶	۷/۴۱	۱۶/۲۲۸	۱۶/۴۱
اردیبهشت	۲۰/۱۷۴	۱۳/۹۱	۶۰/۳۸۱	۲۶/۰۶
خرداد	۴/۳۲۵	۰/۹۱	۲۱/۴۰۷	۰/۴۱
تیر	۱۰/۷۳	۷/۴۱	۲۵/۷۸	۱۹/۷۶
مرداد	۹/۰۹۳	۷/۴۱	۲۷/۱۷	۱۹/۷۶
شهریور	۲/۰۹۸	۰/۹۱	۹/۶۷	۰/۴۱

قابلیت اطمینان از رابطه زیر محاسبه می گردد :

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

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.

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 به رابطه قابلیت اطمینان، ضریب اطمینان مورد سد گلستان با توجه به تامین مطلوب ماهانه نیازمندی‌ها ۱۰۰ درصد و در مورد سد وشمگیر ۸۵/۷۱ درصد خواهد بود. به عبارت دیگر در مورد سد گلستان به‌طور ۱۰۰ درصد و در مورد سد وشمگیر با احتمال ۸۵/۷۱ درصد در شرایط بهره‌برداری بهینه شکستی رخ نخواهد داد.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه بهینه‌یابی بهره‌برداری از یک سیستم دو مخزن 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 به حجم کنترل سیلاب در مخزن این سد انجام گرفت و پس از روندیابی از مخزن، حجم کنترل سیلاب در مخزن سد گلستان معادل ۳۶ میلیون متر مکعب ارزیابی و به‌عنوان یکی از قیود مربوط به ظرفیت ذخیره در محاسبات مربوط به بهینه‌سازی بهره‌برداری از آن، لحاظ گردید. با استفاده 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 ۱۴ 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 مخزن 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 قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از مطالعه بیشترین میزان ذخیره را در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر و کم‌ترین میزان ذخیره را در ماه‌های اسفند، فروردین، مرداد و شهریور نشان می‌دهد که متناسب با میزان نیازمندی‌های قابل‌تأمین 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 ۶۰۰ نسل اجرا حاصل شد و پس از

مقایسه نتایج به دست آمده از بهینه سازی 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 جمع آوری، تهیه و تدوین این مقاله، کمک‌های شایانی نمودند نهایت تشکر و قدردانی به عمل 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 genetic 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 Gorgan 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. Mgmt. 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. Mgmt. 12: 25-33.
13. Yoosefi, G. 1999. Report of voshmgir reservoir. Golestan Regional Water Co. Pp: 12- 50.



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<sup>1</sup>, Gh. A. Barani<sup>2</sup>, M. Meftah halghi<sup>3</sup> and A.A. Dehghani<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instructor, Dept. of Water Civil Engineering, Lamei University, <sup>2</sup>Professor, Civil Engineering, Shahid Bahonar University, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>4</sup>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](mailto:nuroozi_123@yahoo.com)