Archive of SID

بهینه سازی قاعده جیره‌بندی در سدهای مخزنی از طریق اتصال الگوریتم ژنتیک به یک مدل شبیه ساز

مهرداد تقیان [1*]، فریدون رادمنش [2]، علی محمد آخوند علی [3] و علی حقیقی [4]

۱*- نویسنده مسئول: مهرداد تقیان، دانشجوی دکتری هیدرولوژی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- فریدون رادمنش، استادیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳-علی محمد آخوند علی، استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- علی حقیقی، استادیار دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۱

چکیده

استفاده از قوانین جیره بندی در طی دوره های خشکسالی، یک رویه معمول در مدیریت منابع آب است. در این روش با وجود امکان تأمین کل نیاز، گاهی تنها قسمتی از آن تأمین می‌گردد. این عمل موجب ذخیره آب و پذیرش یک کمبود کوچک در بازه زمانی جاری برای کاهش کمبودهای شدید در آینده می‌شود که از لحاظ اقتصادی و اجتماعی حائز اهمیت ارزیابی شده است. یکی از مباحث کلیدی در این خصوص یافتن مقادیر بهینه ضرایب جیره بندی برای اهداف مختلف و رقوم آستانه مخازن در هر ماه برای شروع جیره بندی است. بدین منظور در تحقیق حاضر از اتصال یک الگوریتم ژنتیک ساده به مدل شبیه سازیARSP که خود مجهز به ساختار هزینه‌ای شبکه جریان و مدل برنامه ریزی خطی است، استفاده گردید. کارایی مدل پیشنهادی مذکور در سیستم منابع آب رودخانه زهره واقع در جنوب غرب کشور، ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که ترکیب یاد شده، شدت کمبودها را نسبت به حالت بدون جیره بندی نیازها تا حد زیادی بهبود بخشید، علاوه بر آن، امکان در نظر گرفتن جزئیات بیشتری از سیستم‌های منابع آب را در مقایسه با مدل‌های قبلی فراهم ساخت.

کلید واژه ها: *بهینه سازی، جیره بندی، بهره برداری از مخزن، الگوریتم ژنتیک، ARSP .*

مقدمه

خشکسالی‌های ناشی از کمبود بارش و افزایش مصرف آب در سراسر جهان در حال افزایش است. از تبعات آن می‌توان به اثرهای نامطلوب اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی اشاره نمود. از آنجا که سدهای مخزنی نقش مهمی در مدیریت سیستم توزیع آب ایفا می‌نمایند، با استفاده از الگوهای بهره‌برداری بهینه می‌توان این اثرهای نامطلوب را تا حد ممکن کاهش داد. این در حالی است که اغلب سدهای مخزنی در ایران فاقد برنامه ریزی بلند مدت و یا الگوهای بهره برداری بهینه هستند و عمدتاً بر اساس تجربیات بهره برداران اداره می شوند.

در خلال دوره‌های خشکسالی، بهره‌برداران بیشتر تمایل دارند به جای یک کمبود شدید فاجعه انگیز، با یک دوره متوالی از کمبودهای کوچکتر مواجه شوند(۱۲).

به منظور تعدیل نمودن این کمبودهای شدید، محدودیت‌های آب یا جیره‌بندی به طور موقت برقرار می‌شوند تا ذخیره مخزن و جریان ورودی را برای مصارف آینده حفظ نماید (۲ و ۲۲). در عمل با کاربرد قاعده جیره‌بندی، کمبود آب در افق طولانی تری توزیع گشته و راندمان بهره‌برداری از مخزن بهبود می یابد (۱۵ و ۱۶). سیاست جیره‌بندی بهینه برای تأمین آب از طریق بهره‌برداری مخزن، به تعادل بین منفعت آب رها سازی شده و ارزش آب انتقال یافته به ذخیره[1]، بستگی دارد (۵).

ایجاد یک قانون مؤثر و کارا جهت کاهش نیاز و جیره‌بندی، دست کم با دو سوال زیر مواجه می گردد:

الف- از چه زمانی و در چه سطحی از ذخیره بایستی جیره بندی آغاز گردد ؟

ب- میزان کاهش خروجی در طول هر دوره جیره‌بندی چه اندازه باید باشد ؟

1-Carry Over Storage

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیقات انجام شده برای پاسخ به سوالات مذکور را می‌توان به دو دسته جیره‌بندی پیوسته و گسسته تقسیم نمود. این تحقیقات عمدتاً مبتنی بر استفاده از مدل‌های متنوع بهینه‌سازی می باشند. در جیره‌بندی پیوسته، رابطه بین آب موجود در مخزن و خروجی مخزن در هر ماه با یک یا چند منحنی نمایش داده می شود(۲، ۱۶ و ۱۹) اما در جیره‌بندی گسسته، حجم مخزن به چند منطقه تقسیم می‌شود که هر منطقه دارای یک سیاست بهره‌برداری یا ضرایب جیره‌بندی یکسان است (۳،۱۴،۱۵، ۱۷، ۲۰و ۲۱).

در حالت پیوسته، سؤالات مذکور به صورت همزمان پاسخ داده می‌شوند اما برای افزایش انعطاف در مدیریت بهره‌برداری مخازن، نیاز است که این سوالات به طور مستقل از یکدیگر پاسخ داده شوند. بر این اساس، جیره‌بندی گسسته در شرایط بهره‌برداری واقعی مناسب‌تر می‌باشد (۲۱). در این حالت سؤال اول با رقوم آستانه ماهانه در مخازن (منحنی فرمان بهره برداری) و سؤال دوم به‌وسیله ضرایب جیره‌بندی پاسخ داده می‌شود. تحقیقاتی که برای بهینه‌سازی همزمان احجام آستانه و ضرایب جیره‌بندی در سیستم‌های چند مخزنه و چند هدفه انجام شده است، محدود به مطالعات تو و همکاران[1] (۲۰ و ۲۱) است که به ترتیب با استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی مختلط عدد صحیح درجه دوم[2](MIQP) و مختلط عدد صحیح غیر خطی[3] (MINLP) انجام شده است.

لبادی[4]، در جمع بندی مروری بر روش‌های مختلف حل مسائل بهینه سازی بهره‌برداری از سدهای مخزنی، یکی از سه کلید اصلی پیشنهادی برای بهبود و اصلاح مدل‌های بهینه‌سازی را اتصال آن به مدل‌های شبیه‌سازی مورد اعتماد بهره برداران عنوان می کند و در ادامه از توانایی اتصال مستقیم الگوریتم ژنتیک به مدل‌های شبیه سازی، به عنوان بزرگترین مزیت آن یاد می‌کند(۱۰). در این راستا می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط کانگرانگ و چالیراکتراکون[5] (۹)، داریان و ممتحن[6] (۴) اشاره نمود.

تاکنون، مدل‌های شبیه‌سازی متنوعی برای بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آب به کار گرفته شده است. یکی از انعطاف پذیرین این مدل‌ها، ARSP[7] نام دارد که توسط سیگوالداسن[8] (۱۸) معرفی شده است. این مدل در مطالعات و طرح‌های سازمان آب و برق خوزستان، با موفقیت به کار رفته است.

از این رو، در تحقیق حاضر از اتصال یک الگوریتم ژنتیک ساده به مدل شبیه‌سازیARSP استفاده گردید تا با جستجوی همزمان رقوم آستانه و ضرایب جیره‌بندی در سیستم‌های چند مخزنه و چند هدفه، سیاست بهره‌برداری از مخازن را به آن دیکته نماید. مدل شبیه‌سازی مذکور مجهز به یک ساختار هزینه‌ای با موتور برنامه‌ریزی خطی است که می‌توان از آن جهت تعریف سیاست جیره‌بندی و تخصیص بهینه آب موجود به اهداف مختلف بنا بر اولویت مورد نظر، بهره جست. به کارگیری مدل ترکیبی فوق جهت اهداف یاد شده، انجام یک شبیه سازی با کارایی بالاتر مشتمل بر کل بازه‌های خشکسالی در دوره آماری و در نظر گرفتن جزئیات سیستم منابع آب در سیستم‌های پیچیده واقعی را فراهم می‌سازد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های مدل شبیه سازی

مدلARSP یک برنامه عمومی شبیه‌سازی مخازن است که توسط شرکت کانادایی ایکرز تهیه شده است(۱). اطلاعات ورودی طی ۱۶ پرونده مفصل به برنامه داده می‌شود و اطلاعات خروجی شامل نتایج محاسبات شبیه‌سازی برای کلیه اجزای اصلی شبکه است. در این نرم افزار از روش برنامه‌ریزی شبکه جریان[9] که شامل مجموعه‌ای از مسائل برنامه‌ریزی خطی است استفاده می‌شود. نقش برنامه‌ریزی خطی موجود در مدل، کمینه‌سازی مجموعه هزینه‌های ناشی از هر سیاست بهره‌برداری در هر گام زمانی ضمن حفظ محدودیت‌های مسئله از جمله اصل بقای جرم در سیستم است.

هر سیستم منابع آب می‌تواند با یک شبکه نشان داده شود که در آن جریان ورودی، مخازن، سازه‌های انحراف و نیازها به صورت گره هستند. جریان در سیستم، آبراهه‌ها، لوله‌ها و مناطق ذخیره مخزن نیز به صورت کمان نمایش داده می شود.

تصمیمات بهره‌برداری بستگی به سیستم هزینه‌ای دارد که برای سطوح مختلف ذخیره مخزن و نیازها از پیش تعریف شده است. مقادیر هزینه به وسیله کاربر تعیین می‌شوند و معمولاً مفهوم مستقیم اقتصادی ندارند بلکه به طور نسبی نمایانگر درجه اهمیت هر نیاز نسبت به سایر موارد هستند. هر هدف بهره‌برداری در برنامه دارای هزینه‌ای نسبی خواهد بود که در صورت عدم تأمین هدف، هزینه مزبور اعمال خواهد شد. در انتخاب مقادیر نسبی این سیستم هزینه ای، سه جنبه بایستی مد نظر قرار گیرد (۱۸):

الف- بهره برداری منطقه ای در هر مخزن

ب- ارتباط بین ذخیره آب و کمبود آب در تأمین نیاز

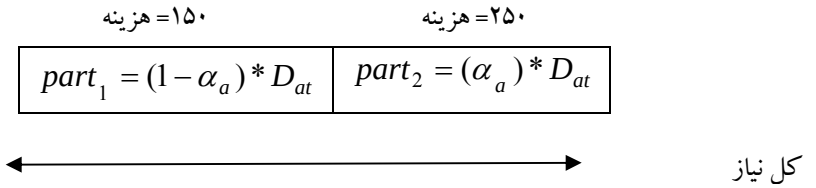
ج- ارتباط بین مناطق ذخیره در مخازن مختلف

1-Tu et al.
2- Mix Integer Quadratic Programming
3- Mix Integer Non-Linear Programming
4-Labadie
5- Kangrang and Chaleeraktrakoon
6- Dariane and Momtahen
7- Acres Reservoir Simulation Program
8- Sigvaldason
9- Flow network programming

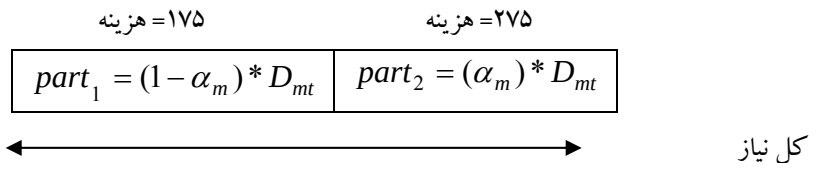
www.SID.ir

Archive of SID

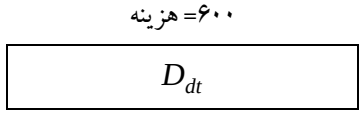
از لحاظ ریاضی برنامه‌ریزی خطی برای یک مسیر منفرد (i, j) از کمان A بین کل گره های (i, j) از مجموعه مسیرهای ممکن



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱- ساختار نیازها در هر دوره زمانی(t)، شامل نیازهای کشاورزی (الف): زیست محیطی (ب): شرب و (ج): صنعت

N به شرح زیر است (۱۱):

$$\min \sum_{(i,j \in A)} c_{ij} x_{ij} \qquad (۱)$$

$$\sum_i x_{ij} - \sum_j x_{ji} = 0 \qquad \forall i \in N \qquad (۲)$$

$$l_{ij} \le x_{ij} \le u_{ij} \qquad \forall (i,j) \in A \qquad (۳)$$

که در آن، c_{ij} میزان هزینه به ازای هر واحد جریان، l_{ij} حد پایین جریان، x_{ij} مقدار جریان و u_{ij} حد بالای جریان در امتداد کمان (i, j) است. معادله(۱) تعریف کلی حداقل کردن هزینه جریان در مسائل بهره‌برداری مخزن است. معادله(۲) قانون بقای جرم در هر گره را نمایش می دهد. معادله(۳) تضمین می‌کند که برای هر راه حل موجود، جریان در همه کمان‌ها بین مقادیر حداکثر و حداقل مجاز قرار دارد. متغیرهای تصمیم گیری در این مسئله تخصیص آب، تعیین بهینه مقادیر جریان در هر یک از کمان‌ها است.

معرفی ساختار و مفاهیم قاعده جیره بندی

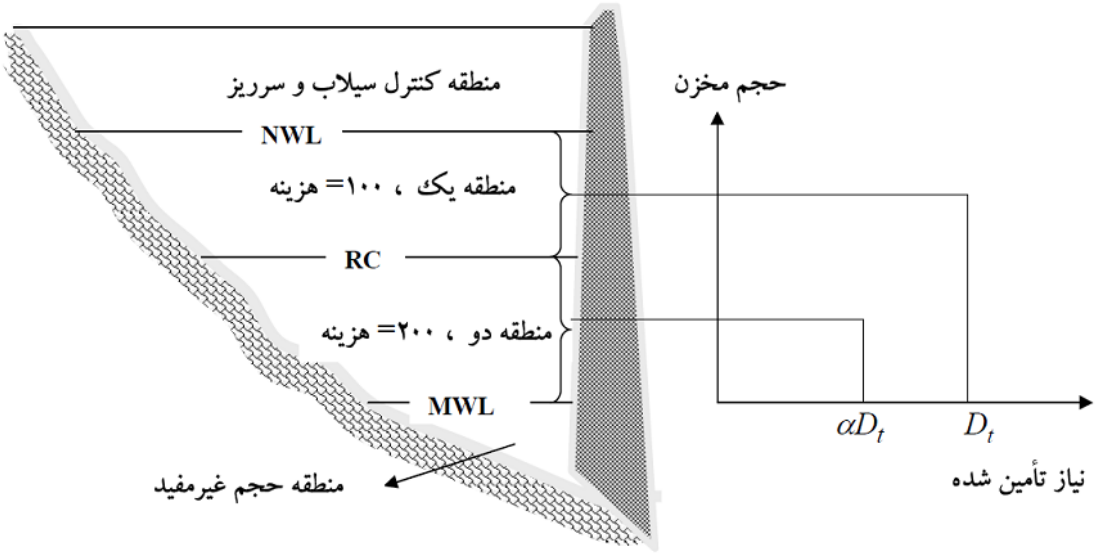
برای پیاده کردن قاعده جیره‌بندی، هر نیاز کشاورزی (D_a) از طریق مجموع دو شبکه مستقل نشان داده می‌شود. نیاز هر یک از این شبکه‌ها مطابق شکل (۱-الف) کسری از نیاز کل است که با ضریب جیره‌بندی کشاورزی ($0<\alpha_a<1$) و هزینه نسبی متفاوت به ازای هر واحد کمبود جریان، تعریف شده است. به همین ترتیب مطابق قسمت (۱-ب) نیز هر نیاز حداقل جریان (D_m) به دو شبکه مجزا بر حسب ضریب جیره بندی مربوطه (α_m) تقسیم می‌شود ($0<\alpha_m<1$). در ادامه ملاحظه می‌گردد چگونه از طریق مفاهیم ساختار هزینه ای، این تقسیم بندی نیاز در تناظر با تقسیم بندی حجم مخزن، سیاست جیره بندی مورد نظر را القا خواهد نمود. زیرا

www.SID.ir

Archive of SID

همان طور که اشاره گردید، برنامه ARSP به گونه‌ای در تخصیص آب عمل می کند که هزینه جریان در سیستم منابع آب را با استفاده از برنامه ریزی خطی در هر واحد زمانی حداقل نماید.

بر حسب سیستم هزینه ای تعریف شده به ازای هر واحد کمبود جریان، مطابق شکل (۱)، تأمین نیازهای شرب و صنعت در اولویت اول و نیازهای حداقل جریان و کشاورزی به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در این حالت، سیستم هزینه‌ای به گونه‌ای تعریف شده است که حداکثر پتانسیل موجود برای تامین نیازهای شرب و صنعت (D_d) به کار رود. از این رو، نیازهای مذکور



شکل ۲- ساختار هزینه‌ای مخزن و جیره بندی نیازها

احتیاج به جیره‌بندی نداشته و مطابق شکل (۱–ج) به صورت یک شبکه یکپارچه در نظر گرفته شده‌اند. در این راستا مطابق شکل (۲)، حجم مفید مخزن نیز به دو منطقه ذخیره‌ای بین منطقه غیر فعال مخزن و منطقه ذخیره حداکثر، معادل با حد فاصل رقوم حداقل بهره‌برداری[1] (MWL) و رقوم نرمال بهره برداری[2] (NWL) تقسیم شده است. بدین ترتیب، هزینه‌های مناطق ذخیره مخزن به منظور انعکاس ارزش آب ذخیره شده نسبت به ارزش آب جریان یافته برای تأمین نیازهای مختلف در نظر گرفته شده است.

مطابق شکل (۲)، منطقه یک بین حد بالای ذخیره و منحنی فرمان بهره‌برداری[3] (RC) برای شروع جیره‌بندی قرار دارد و به ازای هر واحد کمبود جریان از ذخیره حداکثر (NWL)، هزینه آن ۱۰۰ واحد می‌باشد. در این حالت، سایر نیازهای سیستم منابع آب دارای هزینه نسبی بیشتری به ازای هر واحد کمبود جریان در مقایسه با هزینه کمبود حجم ذخیره این منطقه از مخزن می‌باشند. لذا هرگاه رقوم بهره‌برداری مخزن در این منطقه قرار گیرد، رها سازی جریان برای هر دو قسمت شبکه که مجموع آن برابر با کل نیاز است، صورت می‌گیرد. منطقه دو که در حد فاصل احجام آستانه منحنی فرمان و رقوم حداقل بهره‌برداری قرار دارد، دارای هزینه ۲۰۰ واحد به ازای هر واحد کمبود ذخیره نسبت به منحنی فرمان بهره برداری (RC) است که در مقایسه با هزینه کمبود جریان برای نیازهای کشاورزی و حداقل جریان، از بخش اول نیاز بیشتر و از بخش دوم نیاز کمتر است. لذا هرگاه حجم مخزن در منطقه دو قرار گیرد، رها سازی جریان تنها برای بخش دوم نیازهای کشاورزی و حداقل جریان که به ترتیب برابر با $\alpha_a * D_a$ و $\alpha_m * D_m$ است، صورت می گیرد. اما از حداکثر پتانسیل ذخیره برای تامین کل نیازهای شرب و صنعت در تمامی شرایط استفاده خواهد گردید.

تلفیق مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی

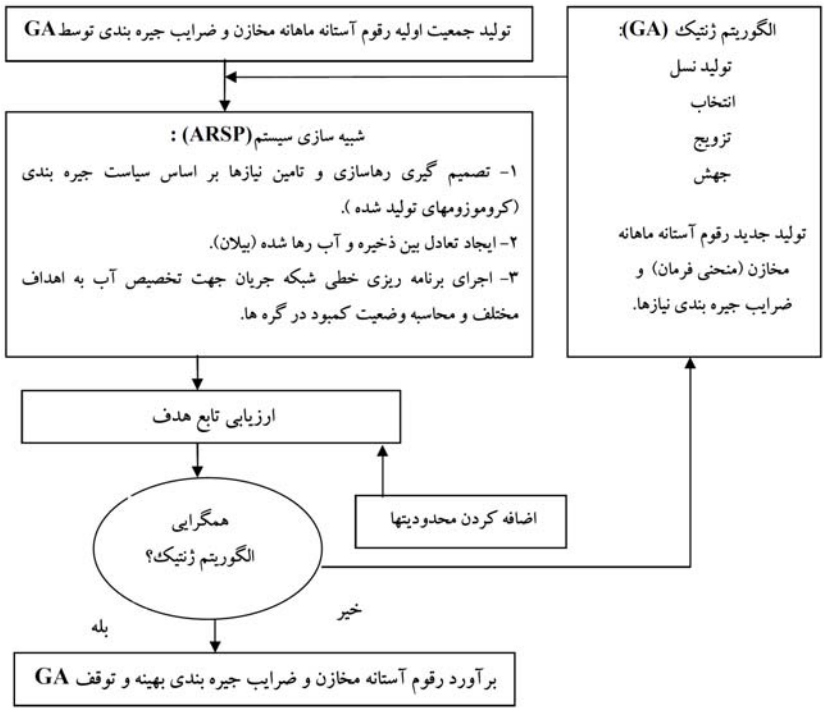
هدف از تلفیق مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در این تحقیق، تعیین مقادیر بهینه سطوح آستانه مخازن (منحنی فرمان بهره‌برداری) برای شروع جیره‌بندی در هر ماه و ضرایب مربوط به جیره‌بندی نیازها (α_m ,α_a) است. بدین منظور، یک الگوریتم ژنتیک ساده به مدل شبیه‌سازی ARSP متصل گردیده است. الگوریتم ژنتیک، یک رشته یا مجموعه‌ای از کروموزوم‌های مصنوعی شامل رقوم ماهانه مخازن و ضرایب جیره‌بندی نیازها را به‌عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری

1-Minimum Water Level
2- Normal Water Level
3-Rule Curve

www.SID.ir

Archive of SID

بهینه‌سازی تولید می‌کند. سپس شبیه‌سازی سیستم با فراخوانی برنامه ARSP برای نمایش عملکرد سیستم با آن مجموعه از کرموزوم‌ها، تشکیل می‌شود و تخصیص آب به سایر نیازها در هر گام زمانی با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی ضمن حفظ محدودیت‌های مسئله از جمله اصل بقای جرم در سیستم بهینه می‌گردد. در ادامه، طی یک فرآیند تکامل تدریجی با اعمال عملگرهای تزویج و جهش و با تولید کروموزوم های بهتر، راه حل بهینه و نسل برتر تولید می‌شود (۶ و۱۳). شکل (۳) طرح شماتیک تلفیق مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. برنامه نویسی مذکور در نرم افزار Matlab انجام شده است.



شکل ۳- الگوریتم کلی تلفیق مدل شبیه سازی و بهینه سازی

مشخصات محدوده مورد مطالعه

رودخانه زهره از اتصال رودخانه فهلیان با رودخانه شیو به وجود می آید. محدوده سیستم منابع آب زهره در سه استان فارس، کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان گسترش داشته و لذا هریک بنا به حوزه عملکرد خود، پروژه های بزرگ آبیاری و زهکشی در سطح ملی و منطقه‌ای تعریف و برنامه‌ریزی کرده‌اند.

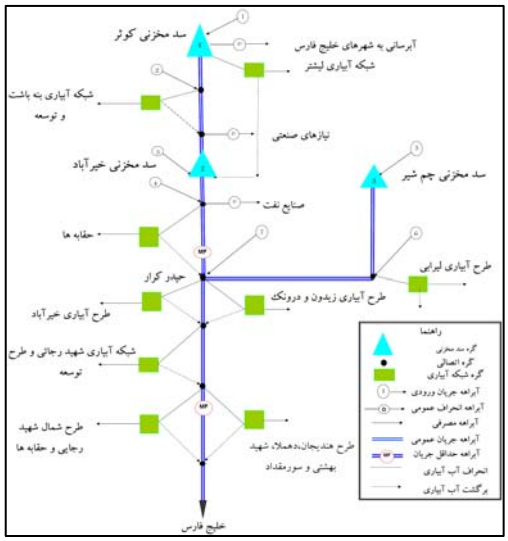
جهت توسعه مدل شبیه‌سازی، این سیستم در شرایط وضع آتی (افق سال ۱۴۰۰)، شامل سه گره سد مخزنی، ۷ آبراهه جریان ورودی، ۹ گره شبکه آبیاری و حقابه، ۳ آبراهه انحراف عمومی برای نیازهای شرب و صنعت، ۸ گره اتصالی، ۲ بازه حداقل جریان و تعدادی آبراهه عمومی خواهد بود. مجموع کل نیازها ۱۹۶۳ میلیون متر مکعب می‌باشد. حدود ۱۳ درصد این نیازها مربوط به شرب و صنعت، ۱۶ درصد مربوط به نیاز حداقل جریان و ۷۱ درصد نیازها مربوط به بخش کشاورزی است. آمار آبدهی‌های ورودی به سیستم که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته، مربوط به یک دوره ۴۸ ساله است. پیکربندی شماتیک سیستم در شکل (۴) و خلاصه مشخصات سدهای مخزنی حوضه زهره در جدول(۱) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات سدهای مخزنی مورد بررسی

سد مخزنی	رقوم نرمال	رقوم حداقل بهره برداری	حجم کل مخزن	حجم مفید مخزن
	متر نسبت به سطح متوسط دریا		میلیون متر مکعب	
کوثر	۶۲۵	۵۸۰	۵۸۰	۴۱۸/۶
خیرآباد	۲۵۹/۶	۲۳۸	۱۷۹/۲	۱۰۴/۷
چم شیر	۵۹۸	۵۲۰	۱۸۶۳/۶	۱۵۷۶/۳



شکل ٤- پیکربندی حوضه آبریز زهره در شرایط وضع آتی

تابع هدف

غالباً هدف بهره‌برداری در سیستم‌های تأمین آب، حداقل‌سازی خسارت ناشی از پایین آمدن توانایی سیستم در تامین کل نیازها است. در این راستا به دلیل مشکل بودن تخمین خسارت ناشی از کمبودهایی که هنوز مشاهده نشده‌اند، عموماً سایر اهدافی که اندازه‌گیری آنها ساده‌تر است، از جمله حداقل‌سازی حداکثر کمبود مورد انتظار، توزیع و یکنواخت نمودن کمبودها مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای حداقل کردن میزان و توزیع کمبود در نیازهای مصرفی می‌توان شاخص کمبود اصلاح شده سو و چنگ[1] (۸) را به کار برد که در آن جنبه های اقتصادی و اجتماعی لحاظ شده است و توسط سایر محققین (۳ و ۲۰) مورد استفاده قرار گرفته است:

$$MSI = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left(\frac{TS_t}{TD_t}\right)^2 \qquad (۴)$$

که در آن TS_t میزان کل کمبود در دوره زمانی t، TD_t میزان کل نیاز در دوره زمانی t، n تعداد کل دوره‌های زمانی (ماه) و MSI شاخص اصلاح شده کمبود است. وجود توان دو در این رابطه باعث می‌شود جریمه بالاتری به کمبودهای شدیدتر تعلق گرفته و توزیع کمبودها بهتر صورت گیرد. می‌توان از تابع مذکور در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی برای نیازهای مختلف به صورت جداگانه بهره

1-Hsu and Cheng

www.SID.ir

Archive of SID

جست و حداقل کردن مجموع آنها را به عنوان تابع هدف منظور نمود:

$$Z = \min[(MSI)_d + (MSI)_m + (MSI)_a] \qquad (۵)$$

که در آن، Z تابع هدف، $(MSI)_d$، $(MSI)_m$ و $(MSI)_a$ به ترتیب شاخص‌های اصلاح شده کمبود برای نیازهای شرب و صنعت، حداقل جریان و کشاورزی می باشد.

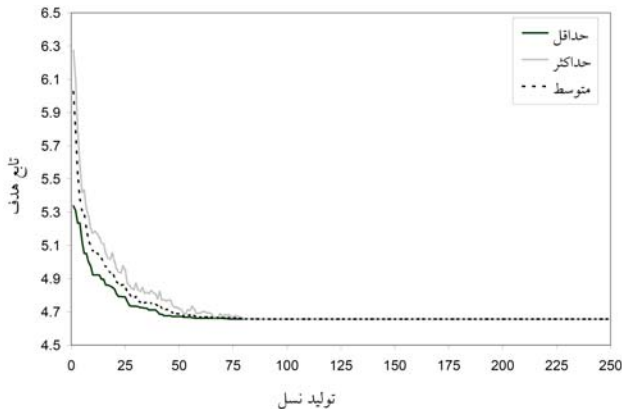
نتایج و بحث

پیاده‌سازی مدل و ارائه نتایج بهینه سازی

با توجه به حجم ناچیز سد خیرآباد در مقایسه با دو سد دیگر (مطابق جدول۱) و نیازهای پایاب سیستم، اعمال جیره‌بندی برای آن اثر معنی‌دار در سیستم نخواهد داشت، لذا برای این سد رقوم آستانه جیره‌بندی محاسبه نشد. بایستی توجه داشت که این عمل به معنای حذف اثر و تنظیم آب آن در سیستم نخواهد بود، بلکه در حقیقت حجم مفید آن دارای منطقه حفاظت ذخیره نبوده و از کل آب موجود آن تا حد رقوم حداقل بهره‌برداری، می‌توان در هر ماه استفاده نمود. از این رو، تعداد متغیرهای تصمیم گیری در مسئله حاضر شامل ۲۴ مختصات (۱۲ رقوم ماهانه برای هر مخزن) و دو ضریب جیره‌بندی برای نیازهای حداقل جریان و کشاورزی و در مجموع ۲۶ متغیر می‌باشد.

عملگرهای الگوریتم ژنتیک که در بهینه‌سازی این سیستم در نظر گرفته شده، به قرار ذیل می‌باشند:

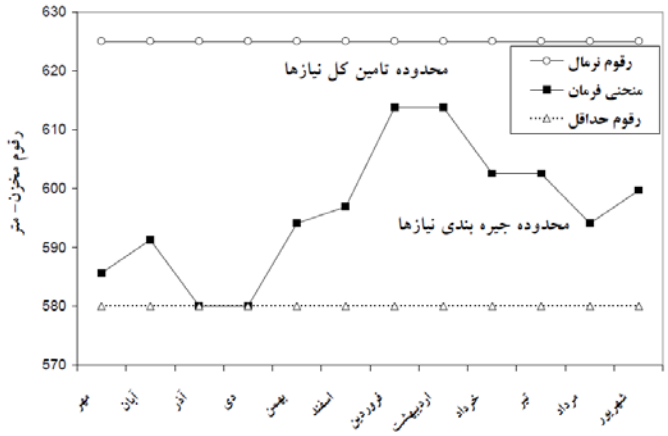
اندازه جمعیت=۱۰۰، احتمال تزویج ۰/۵ و احتمال متغیر جهش ۰/۰۳- ۰/۰۰۵. به منظور اخذ جزئیات این عملگرها می‌توان به منابع مربوطه مراجعه نمود (۷). پس از انجام تنظیمات یاد شده، فرایند تکامل در الگوریتم ژنتیک با فراخوانی مدل شبیه‌سازی ARSP آغاز شد. این مدل که خود مجهز به ساختار هزینه‌ای شبکه جریان و موتور برنامه‌ریزی خطی است، یک بهسازی در بیلان جرم سنتی و مسیریابی جریان در شبکه ایجاد نمود و به سرعت بیلان آب بین مخازن، تخصیص آب به مصارف و اهداف مختلف بر اساس اولویت‌بندی و تقسیم‌بندی حجم مخزن فراهم ساخت. لذا حجم عظیمی از محاسبات سیستم کاسته شده و دشورای‌های فرآیند تکامل بهینه‌سازی در الگوریتم ژنتیک تسهیل می‌گردد. بر این اساس، روند همگرایی مطابق شکل (۵) دنبال شد. در نهایت رقوم آستانه جیره‌بندی در سدهای کوثر و چم شیر مطابق شکل‌های (۶) و (۷) محاسبه گردید.



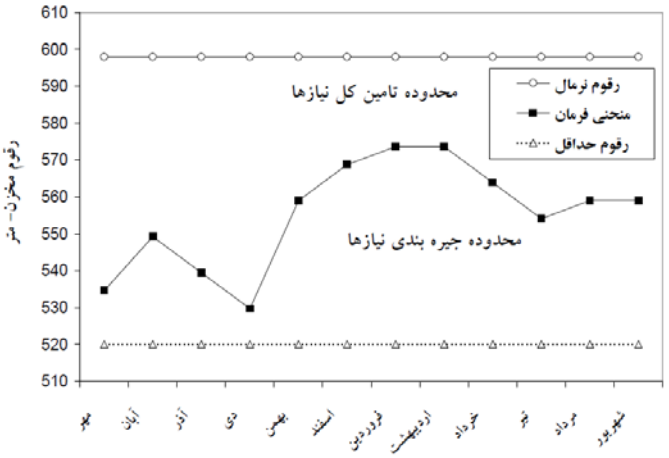
شکل ۵- روند تکامل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- رقوم آستانه بهینه سد کوثر برای شروع جیره بندی



شکل ۷- رقوم آستانه بهینه سد چم شیر برای شروع جیره‌بندی

جدول ۲- عملکرد سیستم با و بدون اعمال سیاست جیره بندی

حالت	مقادیر شاخص اصلاح شده کمبود			تابع هدف
	شرب و صنعت	زیست محیطی	کشاورزی	
عادی*	۰/۳۴	۱/۰۴	۵/۵۶	۶/۹۴
جیره بندی	۰/۲۹	۰/۷۱	۳/۶۴	۴/۶۴

*حالت بدون جیره بندی نیازها

همانگونه که در شکل‌های (۶) و (۷) ملاحظه می‌گردد، رقوم آستانه ماهانه برآورد شده، حجم مخزن را به دو قسمت تقسیم نموده است. هرگاه رقوم ماهانه بهره‌برداری از مخزن بالاتر از این ارقام آستانه قرار گیرد، کل نیاز ماهانه تأمین می‌گردد و هرگاه رقوم مخزن پایین‌تر از آن قرار گیرد، جیره‌بندی نیازها آغاز می‌شود. بر این اساس، ضرایب جیره‌بندی بهینه (α) برای نیازهای کشاورزی و حداقل جریان به ترتیب برابر با ۰/۶۰ و ۰/۸۰ برآورد گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور ارزیابی عملکرد سیستم با و بدون جیره‌بندی نیازها، مقادیر شاخص اصلاح شده کمبود و تابع هدف برای نیازهای مختلف در دو حالت مذکور محاسبه و در جدول (۲) ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد، با اجرای سیاست جیره‌بندی، مقدار تابع هدف که معادل با حاصل جمع مقادیر شاخص اصلاح شده کمبود می‌باشد، بیش از ۳۳ درصد کاهش نشان داده است که نشان دهنده کارایی روش مورد استفاده در کنترل و تسکین کمبودهای شدید در کل دوره آماری مورد استفاده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به توسعه یک مدل تلفیقی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی برای جستجوی مستقیم و همزمان رقوم آستانه ماهانه مخازن و ضرایب جیره‌بندی پرداخته شد. بدین منظور، الگوریتم ژنتیک به عنوان بهینه‌ساز خارجی به مدل ARSP به عنوان شبیه-ساز و بهینه‌ساز داخلی متصل شده است که خود مجهز به ساختار هزینه‌ای شبکه جریان و موتور برنامه‌ریزی خطی است. به کارگیری روش تلفیقی GA-LP، از دشواری‌های فرآیند تکامل در الگوریتم ژنتیک کاسته و راندمان بهینه‌سازی و احتمال رسیدن به پاسخ بهینه مطلوب را افزایش می دهد.

از سوی دیگر، به دلیل تلفیق مدل شبیه‌ساز و بهینه‌ساز، امکان در نظر گرفتن جزئیات بیشتری از سیستم‌های منابع آب مانند تبخیر از سطح مخازن، آب‌های برگشتی و آبدهی‌های حوضه‌های میانی حد فاصل سدهای مخزنی تا محلهای برداشت آب در مقایسه با سایر تحقیقات مشابه (۲۰ و ۲۱) برای حل مساله مذکور، میسر شده است. همچنین امکان منظور نمودن کل دوره آماری و به تبع آن خشکسالی‌های مرکب (چند سال متوالی) در این روش فراهم شده است.

در تحقیق حاضر، جهت نشان دادن قابلیت‌ها و کارایی مدل ترکیبی مورد استفاده، سیستم منابع آب رودخانه زهره در افق سال ۱۴۰۰ مد نظر قرار گرفت و مقادیر بهینه ضرایب جیره‌بندی برای اهداف مختلف برآورد گردید. همچنین در یک بهینه‌سازی موازی و همزمان، رقوم آستانه در سدهای مخزنی برای شروع جیره‌بندی در هر ماه استخراج گردید. ارزیابی شاخص اصلاح شده کمبود در دو حالت با و بدون جیره‌بندی نیازها، بیانگر اثر بسیار معنی‌دار روش مورد استفاده در کاهش تبعات نامطلوب دوره‌های خشکسالی است.

با توجه به انعطاف‌پذیری بالای سیستم هزینه‌ای در تعریف سیاست‌های مختلف بهره‌برداری از سدهای مخزنی، روش پیشنهادی مذکور به سادگی در سایر مسائل مشابه نیز قابل پیاده‌سازی و اجرا است. علاوه بر آن، به دلیل تلفیق دو مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی، امکان تحلیل و بهینه‌سازی سیستم‌های پیچیده مانند سیستم‌های چند مخزنه و چند هدفه، با در نظر گرفتن تمام همبستگی‌های عرضی و مکانی جریانهای ورودی و مولفه‌های مصرف را فراهم می‌سازد.

منابع

1. Anonymous. 1988. Acres reservoir simulation program. Level I, II Documentation. Introductory and Reference Manual. Acres International Limited. Niagara Falls. Ontario. Canada.

2. Bayazit, M. and N.E. Unal, 1990. Effects of hedging on reservoir performance. Water Resources Research, 26(4):713–719.

3. Chang, J. F. Chen, L. and C. L. Chang, 2005. Optimizing reservoir operating rule curves by genetic algorithms. Hydrological Processes, 19:2277-2289.

4. Dariane, A. B. and Sh. Momtahen 2009. Optimization of multi-reservoir systems operation using modified direct search genetic algorithm. Water Resources Planning and Management, 135(3):141–148.

5. Draper, A. J. and J. R. Lund, 2004. Optimal hedging and carryover storage value. Water Resources Planning and Management, 130(1):83–87.

6. Goldberg, D. E. 1989. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. MA: Addison-Wesley.

7. Haupt, R. L. and S. E. Haupt, 2004. Practical genetic algorithms. John Wiley and Sons, INC., Publication. Second Edition.

www.SID.ir

Archive of SID

8. Hsu, N. S. and K.W. Cheng, 2002. Network flow optimization model for basin-scale water supply planning. Water Resources Planning and Management, 128(2):102–112.

9. Kangrang, A. and C. Chaleeraktrakoon. 2007. Genetic algorithms connected simulation with smoothing function for searching rule curves. American Journal of Applied Sciences, 4: 73-79.

10. Labadie, J. W. 2004. Optimal operation of multi-reservoir systems: State-of-the-art review. Water Resources Planning and Management, 130(2):93–111.

11. Llich, N. 2009. Limitation of network flow algorithms in river basin modeling. Water Resources Planning and Management, 135(1):48–55.

12. Lund, J. R. and R.U. Reed. 1995. Drought water rationing and transferable rations. Water Resources Planning and Management, 121(6):429–437.

13. Michalewicz, Z. 1996. Genetic algorithms + data structures = evolution programs. Springer-Verlag, New York. Third Edition.

14. Neelakantan, T. R. and N. V. Pundarikanthan, 2000. Neural network based simulation-optimization model for reservoir operation. Water Resources Planning and Management, 126(2):57–64.

15. Neelakantan, T. R. and N. V. Pundarikanthan, 1999. Hedging rule optimization for water supply reservoirs system. Water Resources Management,13(6):409–426.

16. Shih, J. S. and C. ReVelle. 1994. Water-supply operations during drought: Continuous hedging rule. Water Resources Planning and Management, 120(5):613–629.

17. Shih, J. S. and C. ReVelle. 1995. Water supply operations during drought: A discrete hedging rule. European journal of Operational Research, 82:163–175.

18. Sigvaldason, O. T. 1976. A simulation model for operating a multipurpose multi-reservoir system. Water Resource Research, 12(2): 263–278.

19. Srinivasan, K. and M. C. Philipose, 1998. Effect of hedging on over year reservoir performance. Water Resources Management,12(2):95–120.

20. Tu, M. Y., Hsu, N. S. and W. W. G. Yeh. 2003. Optimization of reservoir management and operation with hedging rules. Water Resources Planning and Management, 129(2):86–97.

21. Tu, M. Y. Hsu, N. S. Tsai, F. T. C. and W. W. G. Yeh. 2008. Optimization of hedging rules for reservoir operations. Water Resources Planning and Management,134(1):3–13.

22. Anonymous, 1986. Water science and technology board. Drought management and its impact on public water systems. National Academy Press, Washington, D. C.

www.SID.ir