Archive of SID

به کارگیری الگوریتم علف‌های هرز مهاجم (IWO) و الگوریتم ژنتیک (GA) در بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی از سد طازران

رضا زارعی[۱]،حسام قدوسی[۲]، کاظم شاهوردی[۳]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۳/۰۴

مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

چکیده

یکی از مهمترین مسائل در مدیریت منابع آب، مسئله بهره‌برداری بهینه از مخازن می‌باشد. در این پژوهش از الگوریتم فرا ابتکاری علف هرز مهاجم (IWO) برای یافتن استراتژی‌های تخصیص بهینه آب در سیستم تک مخزنه سد طازران واقع در غرب کشور برای یک دوره ۱۰ ساله استفاده شده است. مدل توسعه یافته در این تحقیق برای بهره‌برداری بهینه در حالت الگوی کشت وضع موجود تهیه گردیده است. اراضی پایین‌دست سد به دو منطقه طازران و ایونده تقسیم می‌شوند. تابع هدف تعریف شده حداقل‌سازی کل کمبودها در طول دوره شبیه‌سازی می‌باشد. به‌منظور بررسی عملکرد مخزن از شاخص‌های قابلیت اعتماد زمانی، تأمین حجمی و آسیب‌پذیری استفاده شده است. نتایج حاصل از الگوریتم مورد بررسی با نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک(GA) مورد مقایسه قرار گرفته است. به دلیل عدم کفایت و همچنین توزیع نامناسب جریان رودخانه طازران، شبیه‌سازی‌ها در دوحالت استفاده از جریان آب‌های سطحی به تنهایی و تلفیق آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام گرفته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که با استفاده از روش‌های IWO و GA و استفاده همزمان از آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه، این سد به ترتیب قادر به تأمین ۷۷/۲درصد و ۷۶/۲۴ درصد از نیاز کل اراضی پایین‌دست منطقه طازران می‌باشد. شاخص‌های اعتمادپذیری و آسیب پذیری در منطقه طازران نیز به‌ترتیب برابر ۵۵/۴۵ و ۳۳ درصد در روش IWO و ۵۲/۷۲ و ۴۱ درصد در روش GA می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم علف هرز، اعتمادپذیری، بهره‌برداری بهینه، منابع آب

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران. تلفن: ۰۹۱۹۶۹۸۷۹۹۰، Zareei_reza70@yahoo.com
۲ - استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی،دانشگاه زنجان، ایران. تلفن: ۰۹۱۲۲۰۰۵۲۲۱، Ghodousi_he@yahoo.com، (مسئول مکاتبه)
۳ - گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی ،دانشگاه بوعلی سینا همدان، ایران. تلفن: ۰۹۱۲۸۴۱۱۴۳۵، Shahverdi2006@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

علیرغم آن که بخش عمده کره زمین پوشیده از آب می‌باشد، امروزه بشر با چالش‌های جدی در تأمین و استفاده از این عامل اصلی حیات، برای رفع نیازهای مختلف خود، مواجه است(موسوی، ۱۳۹۳). رشد بیش از حد جمعیت در کشورها و نیاز مبرم به آب جهت مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و... باعث شده است تا مسئولین اکثر کشورها از جمله ایران، ذخیره آب‌های سطحی و برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از منابع آب را در دستور کار خود قرار دهند. احداث سدهای بزرگ، انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی، آبخیزداری و احداث حوضچه‌های کوچک از جمله اقداماتی است که در این راستا انجام می‌شود. سدهای کوتاه با اهداف ذخیره-سازی جهت مصارف گوناگون و تغذیه سفره‌ها و آبخوان-های زیرزمینی نقش مؤثری در کنترل آب‌های سطحی و جلوگیری از هدر رفت آن‌ها دارند. در ایران غرب کشور مانند استان لرستان با داشتن اقلیم‌های چندگانه و نزولات جوی متفاوت پتانسیل فراوانی را در این خصوص داراست. برای تعریف سیاست‌های بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها می‌توان از روش‌های بهینه‌سازی مختلفی استفاده نمود. اکثر روش‌های بهینه‌سازی از فن‌های ریاضی برای پیدا کردن بهترین پاسخ‌های امکان‌پذیر بر اساس عملکرد تابع هدف و قیودات بهره می‌گیرند. انتخاب روش بهینه‌سازی به خصوصیات سیستم در نظر گرفته شده، در دسترس بودن داده‌ها، نوع تابع هدف، قیود و متغیرها بستگی دارد (Labadie, 2004). در چند دهه اخیر روش‌های متعدد بهینه‌سازی توسط محققان مختلف در سراسر دنیا توسعه یافته است و یکی از استفاده‌های پرکاربرد این روش‌ها در حل مسائل بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن سدها جهت مدیریت منابع آبی می‌باشد. برخی از تحقیقات انجام شده در این زمینه عبارتند از پژوهش Foued and Sameh(2001) که با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی به بهینه‌سازی سه مخزن سد تأمین کننده نیازهای شرب و کشاورزی پرداختند. هدف آن‌ها حداقل نمودن هزینه‌های پمپاژ بین سدها، حداقل کردن شوری آب و تأمین نیازهای مصرف کنندگان بود. Sonaliya and Suryanarayana (2015) نیز با استفاده از الگوریتم ژنتیک به بهره‌برداری بهینه از مخزن سد یوکای در هند پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که این الگوریتم می‌تواند به‌طور کامل نیازهای آبیاری پایین-دست را تامین نماید و رهاسازی را به حداقل برساند و منجر به صرفه جویی قابل توجه‌ای در آب گردد. محققانی چون Yeh(1985)، Wurbs(1993) و Labadie (2004) نیز تاکنون مروری کلی بر انواع روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی در مهندسی منابع آب و به ویژه بهره‌برداری از مخازن انجام داده‌اند. قادری و همکاران، (۱۳۹۴) در تحقیقی به بهره‌برداری بهینه از سیستم مخازن با استفاده از دو الگوریتم چرخه آب و جستجوی گرانشی در حوضه آبریز گرگان‌رود پرداختند. تابع هدف در این تحقیق به‌صورت کمینه‌سازی کل کمبود در طول دوره آماری تعریف گردید. نتایج حاکی از عملکرد بالای الگوریتم چرخه آب در مقایسه با دیگر روش‌های مورد بررسی در بهره‌برداری بهینه از سیستم مخازن بود. Ajibola and Adewumi (2017) نیز مروری کلی بر مسائل بهینه‌سازی چندهدفه با استفاده از روش فراابتکاری مبتنی بر جمعیت انجام دادند. آن ها از روش‌های GA و PSO نیز برای این منظور استفاده نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد روش ژنتیک در مسایل مهندسی نتایج قابل قبول‌تری را ارائه می-نماید. یکی دیگر از روش‌های فراکاوشی که اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است روش بهینه‌سازی علف-های هرز مهاجم (IWO)[۵] می‌باشد. برخی از تحقیقات انجام شده در این زمینه نیز عبارتند از تحقیق Rama and Jayabarathi(2016) که از الگوریتم علف هرز مهاجم (IWO) برای تعیین اندازه و مکان بهینه واحدهای مولد توزیع شده چندگانه در شبکه‌های توزیع استفاده نمودند. این روش با مدل‌های مختلف بار سیستم‌های توزیع شعاعی در مسیر IEEE-33 و مسیر ۶۹ آزمایش و هم‌چنین با سایر روش‌های بهینه‌سازی

۵ Invasive Weed Optimization Algorithm

www.SID.ir

Archive of SID

الهام گرفته از طبیعت مقایسه شده است. نتایج این شبیه‌سازی نشان دهنده‌ی کاربرد خوب و عملکرد مناسب الگوریتم علف‌های هرز نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. Mehrabian and Lucas (2007) نیز برای تعیین موقعیت بهینه محرک‌های پیزو الکتریک در فن-های هوشمند از الگوریتم IWO استفاده نمودند. Seifbarghi and omidbakhsh (2011) نیز از الگوریتم علف هرز مهاجم برای حل مسئله تخصیص نمایی(QAP)[1] استفاده نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که این الگوریتم پاسخ‌های بهتری را در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها خصوصاً با افزایش ابعاد مسئله(بیش از ۵۰ بعد) ارائه می‌دهد. متوسط بهبود مقدار تابع هدف در این تحقیق نیز حدود ۰/۸ درصد ذکر شده است. Zhou et al. (2015) از الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد استفاده نمودند، ایشان با بازسازی و بهبود الگوریتم علف‌های هرز مهاجم، مدل جدیدی تحت عنوان الگوریتم بهینه‌سازی علف هرز مهاجم گسسته(DIWO)[2] تهیه نمودند و آن را مورد استفاده قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم پیشنهادی می‌تواند دستیابی به مقادیر بهینه را در مدت زمان کمتری فراهم آورد. در برخی از تحقیقات در زمینه بهره‌برداری بهینه از مخازن استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی مد نظر قرار گرفته است که به‌عنوان نمونه می‌توان به تحقیق پورطبری و همکاران(۱۳۸۷) اشاره نمود. ایشان برای برنامه‌ریزی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی مدلی با هدف حداقل نمودن میزان عدم تأمین نیاز سیستم با توجه به منابع آبی محدود تدوین نمودند. ایشان جهت همگرایی مدل تدوین شده از الگوریتم ژنتیک مرحله‌ای استفاده کردند. نتایج این تحقیق کارایی بالای سیاستهای ارائه شده جهت بهبود پتانسیل‌های آبی منطقه را نشان داد. همچنین علیمحمدی و حسین‌زاده(۱۳۸۹) در تحقیقی دو گزینه بهره‌برداری از آب زیرزمینی و بهره‌برداری تلفیقی منابع آب حوضه ابهر را مورد مطالعه قرار دادند و بدین منظور دو مدل در قالب برنامه‌ریزی خطی و هر دو با هدف حداقل سازی افت تراز آبخوان تهیه نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان افت تراز میانگین برای حالت بهره‌برداری تلفیقی در مجموع شش درصد کمتر از بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی علف-های هرز تاکنون کمتر در مسائل بهره‌برداری بهینه از مخازن بکار رفته است. لذا هدف از پژوهش حاضر کاربرد این روش به‌عنوان روشی فراابتکاری با دقت و سرعت بالا در رسیدن به جواب در مسئله بهره‌برداری از مخزن می‌باشد. در این تحقیق به دلیل کمبود بارش و آب‌های سطحی منطقه و عدم توانایی سد به‌تنهایی در تأمین نیازهای پایین‌دست با دسترسی به آمار حداکثر برداشت مجاز از آب‌های زیرزمینی منطقه اقدام به شبیه‌سازی تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی نیز گردیده است. در ادامه نیز به‌دلیل اینکه روش ژنتیک الگوریتم (GA)[3] به دفعات در مسائل بهره‌برداری بهینه از مخازن استفاده گردیده و جواب‌های قابل قبولی را ارائه نموده است نتایج این تحقیق از نظر مقادیر شاخص‌ها و میزان حجم آب باقی‌مانده و... با این الگوریتم مورد مقایسه قرار گرفته است. به‌منظور بررسی کارآمدی روش مورد بررسی نیز از شاخص‌های عملکرد مخزن مانند شاخص قابلیت اعتماد زمانی، درصد تأمین حجمی و آسیب-پذیری استفاده گردیده است. کدنویسی الگوریتم‌های IWO و GA توسعه یافته در این تحقیق در محیط برنامه متلب انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات حوضه و سد مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه در غرب کشور و شرق استان لرستان نزدیک به استان مرکزی قرار دارد. سد مخزنی طازران در این حوضه و در فاصله تقریبی ۱۴ کیلومتری شمال شرق شهرستان ازنا و ۱۶ کیلومتری شمال غرب شهرستان الیگودرز با هدف آبیاری اراضی روستاهای

1 Quadratic Assignment Problem
2 Discrete Invasive Weed Optimization
3 Genetic Algorithm

www.SID.ir

Archive of SID

طازران و ایونده با سطح زیرکشت حدود ۴۰۰ هکتار قرار گرفته است. این سد از نوع خاکی با هسته رسی بوده که تراز تاج و رقوم نرمال آن به‌ترتیب ۲۰۷۶ و ۲۰۷۲ متر از سطح دریا می‌باشد. حداقل رقوم بهره‌برداری از این سد ۲۰۵۴ متر از سطح دریا و حجم نرمال آن ۱/۳۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. در این تحقیق رابطه حجم-سطح مخزن سد طازران مطابق رابطه (۱) به صورت یک تابع توانی درجه دوم بیان شده است.

$$A = 0.0001(V^2) - 0.0015(V) + 0.0057 \qquad (۱)$$

که در آن A و V بترتیب سطح و حجم مخزن می‌باشند. ضریب تبیین (R^2) در این رابطه برابر با ۰/۹۹۷۲ محاسبه شده است. با توجه به ضریب تبیین به دست آمده رابطه (۱) از نظر آماری اطمینان بالایی داشته و برای محاسبه حجم تبخیر قابل قبول می‌باشد.

الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز مهاجم

روش بهینه‌سازی علف‌های هرز مهاجم توسط Mehrabian and Lucasc (2007) با الهام گرفتن از طبیعت معرفی و مورد استفاده قرار گرفت. طبق تعریف علف هرز گیاهی است که در مکان‌های ناخواسته، تولید و رشد می‌نماید و برای گیاهان زراعی آفت جدی بوده و جلوی رشد آن‌ها را می‌گیرد. این الگوریتم در عین سادگی، در یافتن نقاط بهینه بسیار مؤثر و سریع می‌باشد و بر اساس ویژگی‌های اولیه و طبیعی علف‌های هرز مانند تولید بذر، رشد و تنازع بقاء در یک کلونی عمل می‌کند. مراحل انجام این الگوریتم شامل مواردی است که در ادامه معرفی گردیده است.

تعیین مقدار جمعیت اولیه

ابتدا یک جمعیت محدود اولیه در فضای حل مسئله به صورت تصادفی تولید و پراکنده می‌شود.

تولید مثل

در این روش بهینه‌سازی هر عضو از جمعیت با توجه به میزان توانایی‌هایش دانه تولید می‌نماید. تعداد دانه-هایی که هر گیاه می‌تواند تولید کند به طور خطی از کمترین تعداد دانه ممکن تا بیشترین تعداد تغییر می-کند و علف هرز با سازگاری بهتر دانه بیشتری تولید می‌کند. رابطه تولید تعداد دانه به صورت زیر می‌باشد.

$$Seed_n = \frac{f - f_{min}}{f_{max} - f_{min}}(S_{max} - S_{min}) + S_{min} \qquad (۲)$$

که در آن $Seed_n$ تعداد دانه‌های تولید شده، f سازگاری[4]علف هرز فعلی، f_{max} و f_{min} به ترتیب بیشترین و کمترین سازگاری از جمعیت فعلی و S_{max} و S_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار ممکن تولید دانه می‌باشد.

پراکندگی فضایی

در این مرحله دانه‌های تولید شده به طور تصادفی در فضای چند بعدی مسئله پراکنده می‌شوند. تابع توزیع تصادفی، تابعی نرمال بوده بدین معنی که مقدار متوسط آن برابر صفر و انحراف معیار آن در مراحل مختلف متغیر می‌باشد و تضمین می‌کند که دانه‌هایی که به صورت تصادفی تقسیم شده اند بسیار نزدیک به گیاه والدین‌شان می‌باشند. مقدار انحراف معیار(σ)تابع توزیع نرمال در هر مرحله از مقدار اولیه تعریف شده $\sigma_{initial}$ تا مقدار نهایی σ_{final} کاهش می‌یابد. ارتباط بین پارامترهای بالا و انحراف معیار را می‌توان به صورت رابطه(۳) بیان نمود.

$$\sigma_{iter} = \frac{(iter_{max} - iter)^n}{(iter_{max})^n}(\sigma_{initial} - \sigma_{final}) + \sigma_{final} \qquad (۳)$$

که در این رابطه $iter_{max}$ بیشترین تعداد دفعات تکرار، σ_{iter} مقدار انحراف معیار در مرحله انجام عملیات و n

[4] Fitness

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص غیر خطی بودن مدولاسیون یا شاخص نوسان غیر خطی می‌باشد.

حذف رقابتی

در الگوریتم علف‌های هرز مهاجم بعد از چند مرحله تکرار، تعداد دانه‌های کلونی در اثر تولید مثل به بیشترین حد خود (P_{max})می‌رسد و سپس مکانیزمی برای حذف دانه‌های ضعیف به کار گرفته می‌شود. هنگامی که بیشترین تعداد دانه‌های مجاز تولید شدند هر دانه می‌تواند با توجه به روش گفته شده در مراحل قبل دانه‌های جدیدی تولید نماید که می‌توانند در فضای مورد بحث پراکنده شوند. هنگامی که کل دانه‌ها در محل توزیع شدند به هر دانه امتیازی داده می‌شود و در مرحله آخر دانه‌ها با امتیاز کمتر حذف می‌شوند به نحوی که جمعیت دانه‌ها همان حد ماکزیمم بماند. این مراحل تکرار می‌شوند تا کم کم دانه‌ها به دانه بهینه همگرا شوند.

الگوریتم ژنتیک

این الگوریتم اولین بار توسط Holand(1975) ارائه و به عنوان یک ابزار قوی بهینه‌سازی توسعه یافت. اساس این روش مبتنی بر نظریه داروین و تنازع بقاء است که بیان می‌کند همواره موجوداتی ادامه حیات دارند که از همه پایدارترند. الگوریتم ژنتیک از مجموعه‌ای از جواب‌های تصادفی اولیه به نام جمعیت[1] آغاز به کار می‌کند. هر جمعیت از مجموعه کروموزوم‌ها[2] که هر کدام یک جواب مسئله هستند، تشکیل می‌گردد و هر کروموزوم از مجموعه‌ای از ژن‌ها[3] در واقع متغیرهای تصمیم مسئله تشکیل شده است. بزرگی جمعیت بر عملکرد GA تأثیر می‌گذارد به‌طوریکه اگر جمعیت خیلی کم باشد، به دلیل عدم جستجوی تمام فضای جواب، ممکن است الگوریتم به جواب مطلوب همگرا نگردد و اگر خیلی زیاد باشد، گر چه فضای بیشتری جستجو می‌شود ولی سرعت همگرایی به سمت جواب بهینه کند خواهد بود و زمان اجرای برنامه طولانی می‌گردد. در الگوریتم ژنتیک دو نوع عملگر موجود است، عملگرهای تکاملی مانند انتخاب[4] و عملگرهای ژنتیک مانند تلاقی[5] و جهش[6] فرآیند انتخاب بر مبنای میزان شایستگی توابع هدف متناظر با هر کروموزوم در هر نسل[7] بوده و معیار انتخاب کروموزوم‌ها نیز بر اساس شایستگی آن‌ها می‌باشد.

روش انجام تحقیق

در این تحقیق ابتدا برای بررسی کارآمدی و صحت عملکردالگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز مهاجم توسعه یافته از چندین تابع محک استاندارد استفاده شد. نتایج کاربرد این الگوریتم بر روی توابع محک استاندارد در جدول(۱) ارائه شده است.

1 Population
2 Chromosome
3 Genes
4 Selection
5 Crossover
6 Mutation
7 Generation

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۱): نتایج پیاده‌سازی الگوریتمIWO بر روی توابع محک استاندارد

تابع	فرمول	تعداد تکرار	تعداد شکست	بعد	مقدار بهینه	IWO
Goldsten-Price	$F_1(x)=[1+(x_1+x_2+1)^2(19-14x_1+3x_1^2-14x_2+6x_1x_2+3x_2^2)]$ $\times[30+(2x_1-3x_2)^2(18-32x_1+12x_1^2+48x_2-36x_1x_2+27x_2^2)]$	۵۰	۱	۲	۳	۳
Rosenbrock	$F_2(x)=\sum_{i=1}^{n-1}[100(x_{i+1}-x_i^2)^2+(x_1-1)^2]$	۵۰	۲	۲	۰	۴/۳۶×۱۰$^{-۵}$
Shekel	$F_3(x)=-\sum_{i=1}^{m}(\sum_{j=1}^{4}(x_j-c_{ji})^2+\beta_i)^{-1}$	۵۰	۳	۴	-۱۰/۵۳۶۴	-۱۰/۵۳۵۳
Six-Hump Camel	$F_4(x)=4x_1^2-2.1x_1^4+\frac{1}{3}x_1^6+x_1x_2-4x_2^2+4x_2^4$	۵۰	۵	۲	-۱/۰۳۱۶	-۱/۰۴۲۱

نتایج جدول(۱) عملکرد بالای الگوریتم علف‌های هرز توسعه یافته را نشان می‌دهد. پس ازصحت‌سنجی الگوریتم با استفاده ازتوابع محک استاندارد، مدل برای بهره‌برداری بهینه ازمخزن سد طازران درشرایط وضع موجود اراضی پایین‌دست وهمچنین درشرایط برداشت وعدم برداشت ازمنابع آب زیرزمینی توسعه داده شد.

تابع هدف و قیودات

دراین تحقیق مدل‌سازی براساس نیازهای آبی منطقه درشرایط وضع موجود باراندمان آبیاری ۳۰ درصد انجام شده است. متغیرهای تصمیم درمدل بهینه-سازی بهره‌برداری ازمخزن، مقادیرخروجی بهینه ماهانه ازمخزن می‌باشد. افق برنامه‌ریزی دراین تحقیق ۱۲۰ ماه (دوره ۹۲-۱۳۸۲) درنظرگرفته شد و لذا الگوریتم IWO دارای ۱۲۰ متغیرتصمیم بود. معیارسنجش پاسخ‌ها نیز مقایسه آن‌ها با نیازپایین‌دست وبهترین مقدار برای ذخیره درماه‌های مختلف سال می‌باشد. رهاسازی از مخزن درهر دوره به‌عنوان متغیرتصمیم وحجم ذخیره و ورودی به مخزن درهردوره متغیرحالت هستند. اطلاعات ورودی به مدل شامل حجم آورد رودخانه، ارتفاع تبخیر، ارتفاع بارش وحجم نیازها به صورت ماهانه بوده و تابع هدف به صورت کمینه‌سازی کل کمبود(کشاورزی) درطول دوره آماری وبه صورت رابطه (۴) تعریف گردید.

$$\text{Minimize } F(Re)=\sum_{t=1}^{T}\left(\frac{Re_t-De_t}{De_{\max}}\right)^2+Penalty\,1_t+Penalty\,2_t \quad (۴)$$

دراین رابطه،F(Re) مقدارتابع هدف(کمبود)،Re_t حجم رهاسازی ازمخزن سددرماه‌t،De_t مقدارنیازپائین-دست سد درماه‌t،De_{max} ماکزیمم نیازسددرطول دوره بهره‌برداری،T طول دوره بهره‌برداری،$Penalty1_t$ مقدارجریمه مربوط به حجم مخزن درماه‌t و $Penalty2_t$ مقدارجریمه مربوط به حجم رهاسازی ازمخزن درماه‌t می‌باشد. محدودیت‌های سیستم تک مخزنه مورد مطالعه نیز درمعادلات(۵) تا (۱۲) ارائه شده است. محدودیت مربوط به حجم سرریز نیز به صورت رابطه زیراعمال می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

$$Sp_t = \begin{cases} S_t - S_{\max} & if \quad S_t > S_{\max} \\ 0 & if \quad S_t \le S_{\max} \end{cases} \qquad (۵)$$

$$Loss_t = A_t \times (Ev_t - R_t) \qquad (۶)$$

$$A_t = a + b \times S_t + c \times S_t^2 \qquad (۷)$$

در این روابط، Sp_t مقدار آب سرریز شده از مخزن سد در ماه t، S_t حجم مخزن سد در ابتدای دوره t، S_{max} حجم مخزن سد در رقوم حداکثر، $Loss_t$ میزان تلفات مخزن سد در ماه t، Ev_t ارتفاع تبخیر از دریاچه سد در ماه t، R_t ارتفاع بارش در مخزن سد در ماه t و a، b و c ضرایب رابطه حجم-سطح مخزن سد می‌باشند. در تمام مراحل بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن، باید موازنه جرمی بین مقادیر ورودی و خروجی و حجم ذخیره مخزن برقرار باشد. رابطه پیوستگی مورد استفاده در سیستم مخزن مورد بررسی به صورت رابطه(۸) می-باشد.

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - \mathrm{Re}_t - Loss_t - Sp_t \qquad (۸)$$

در این رابطه، S_{t+1} حجم مخزن در انتهای دوره t و Q_t حجم آب ورودی به سد در ماه t می‌باشد. محدودیت متغیرهای تصمیم نیز به صورت زیر به مدل اعمال گردیده است:

$$S_{\min} \le S_t \le S_{\max} \qquad (۹)$$

$$\mathrm{Re}_{\min,t} \le \mathrm{Re}_t \le \mathrm{Re}_{\max,t} \qquad (۱۰)$$

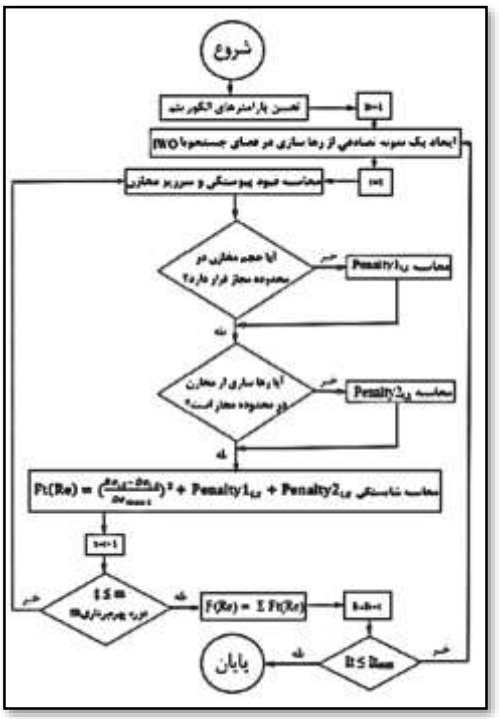
که $Re_{min,t}$ حداقل رهاسازی در ماه t و $Re_{max,t}$ حداکثر رهاسازی در ماه t می‌باشد. به‌منظور اعمال قیود (۹) و (۱۰) به مدل نیز از توابع جریمه مربوط به حجم مخزن(Penalty1) و حجم رهاسازی (Penalty2) مطابق روابط (۱۱) و (۱۲) استفاده شده است.

(۱۱)

$$Penalty1 = \begin{cases} \sum_{t=1}^{T} \left(\frac{S_t - S_{\min}}{S_{\min}}\right)^2 & \text{if} \quad S_t < S_{\min} \\ \sum_{t=1}^{T} \left(\frac{S_t - S_{\max}}{S_{\max}}\right)^2 & \text{if} \quad S_t > S_{\max} \\ 0 & \text{if} \quad S_t \ge S_{\min} \text{ and } S_t \le S_{\max} \end{cases}$$

$$Penalty\,2 = \begin{cases} \sum_{t=1}^{T} \left(\frac{\mathrm{Re}_t - De_{\min,t}}{De_{\min,t}}\right)^2 & \text{if} \quad \mathrm{Re}_t < \mathrm{De}_{\min,t} \\ \sum_{t=1}^{T} \left(\frac{\mathrm{Re}_t - De_{\max,t}}{De_{\max,t}}\right)^2 & \text{if} \quad \mathrm{Re} > De_{\max,t} \\ 0 & \text{if} \quad \mathrm{Re}_t \ge \mathrm{De}_{\min,t} \text{ and } \mathrm{Re}_t \le De_{\max,t} \end{cases} \qquad (۱۲)$$

در این روابط $D_{min,t}$ حداقل نیاز سد در ماه t و $D_{max,t}$ حداکثر نیاز سد در ماه t می‌باشند. شکل(۱) نمودار گردشی الگوریتم شبیه‌سازی-بهینه‌سازی با استفاده از روش IWO توسعه یافته در این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل(۱): نمودار گردشی الگوریتمIWO

شبیه‌سازی

دراین تحقیق شبیه‌سازی در حالت وضع موجود برای ده سال از سال آبی ۸۳-۱۳۸۲ تا ۹۲-۱۳۹۱ انجام

www.SID.ir

فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸
Archive of SID

گرفته است. اراضی پایین‌دست سد، شامل روستاهای طازران و ایونده جمعاً به مساحت ۴۰۰ هکتار می‌باشد و در ابتدای شبیه‌سازی مخزن پر درنظر گرفته شد. شبیه‌سازی‌ها ابتدا بدون درنظرگرفتن آب زیرزمینی و فقط با در نظرگرفتن آب ذخیره شده در مخزن انجام گردید، اما ازآنجا که این سد به تنهایی قادربه تأمین نیازآبی اراضی پایین‌دست نبود مقادیر برداشت از آب-های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نیز به مقادیر رهاسازی شده از مخزن سد طازران اضافه گردید.

بررسی کارایی سیاست بهره‌برداری از مخزن

ارزیابی سیاست‌های بهره‌برداری آخرین و مهم‌ترین گام در استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی-بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن می‌باشد. پس از اجرای مدل شبیه-سازی بهره‌برداری از مخزن سد طازران و با استفاده از نتایج خروجی به‌دست آمده، شاخص‌های درصد تأمین حجمی، اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری به‌منظور بررسی عملکرد سد در تأمین نیازهای پایین‌دست محاسبه گردید. در ادامه به معرفی مختصر این شاخص‌ها و روابط محاسبه آنها پرداخته شده است.

شاخص درصد تأمین حجمی

این شاخص بیان می‌کند که چه میزان از نیاز یک بخش مصرفی مانند کشاورزی توسط سد قابل تأمین می‌باشد و به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$\alpha_v = \frac{\sum Re_t}{\sum De_t} \times 100 \qquad (۱۳)$$

در رابطه فوق α_v درصد تامین حجمی، Re_t حجم تأمین شده توسط سد در ماه t و De_t حجم نیاز پایین-دست سد در ماه t می‌باشد.

شاخص اعتمادپذیری

اعتمادپذیری یک سری زمانی و یا یک مدل با استفاده از نسبت تعداد داده‌هایی که در محدوده رضایت‌بخش قرار دارند به تعداد کل داده‌های سری زمانی و یا خروجی‌های مدل در دوره‌های شبیه‌سازی مطابق رابطه زیر تعریف می‌گردد.

$$\beta = \frac{N_{sat}}{N} \qquad (۱۴)$$

در رابطه فوق نیز N_{sat} تعداد داده‌هایی است که سیستم نیاز پایین‌دست را تأمین نمودهو N تعداد کل داده‌ها در طول دوره شبیه‌سازی می‌باشد.

اعتمادپذیری یک مدل درواقع بیان‌کننده آن است که مدل با چه سرعتی می‌تواند از مقادیر ناخوشایند به مقادیر رضایت‌بخش برگشت نموده و آن‌ها را پوشش دهد. مقدار این شاخص در محدوده [۰و۱]می‌باشد و مقادیر بالاتر اعتمادپذیری نشان‌دهنده توانایی مدل در برگشت سریع‌تر به محدوده رضایت‌بخش نتایج می‌باشد.

شاخص آسیب‌پذیری

آسیب‌پذیری یک سیستم نسبت حداکثر شدت شکست ایجاد شده در طول دوره بهره‌برداری است و هر چه مقدار آن بیشتر باشد آسیب‌پذیری سیستم بیشتر است. مقدار با توجه به رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود.

$$\max_{t=1} \frac{(De_t - Re_t)}{De_t} * 100 \qquad (۱۵)$$

نتایج و بحث

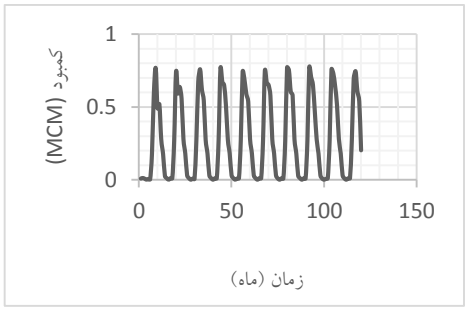
پس از انجام شبیه‌سازی‌ها مقادیر شاخص‌های معرفی شده در قسمت قبل محاسبه گردید که نتایج آن در جدول(۲) ارائه گردیده است. در شکل‌های (۲) و (۳) نیز به‌ترتیب تغییرات حجم کمبود در مناطق طازران و ایونده بدون برداشت از منابع آب زیرزمینی و در شکل-های (۴) و (۵) این تغییرات در حالت برداشت از آب زیرزمینی ارائه شده است.

www.SID.ir

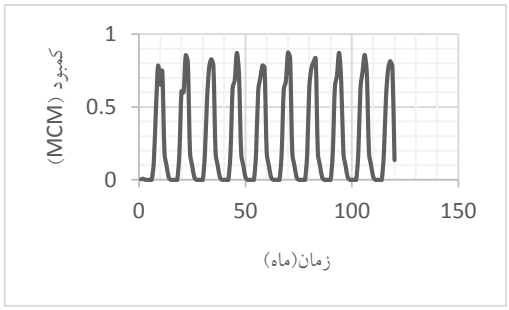
Archive of SID

جدول (۲): مقادیر شاخص‌های عملکرد مخزن سد طازران با الگوریتم‌های IWO و GA

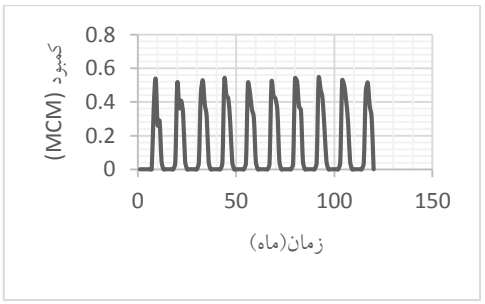
منطقه	روش بهینه-سازی	بدون برداشت آب زیرزمینی			پس از برداشت آب زیرزمینی		
		درصد تأمین حجمی	درصد اعتمادپذیری	درصد آسیب‌پذیری	درصد تأمین حجمی	درصد اعتمادپذیری	درصد آسیب‌پذیری
طازران	IWO	۱۰/۹۱	۰/۹۰۹	۷۴	۷۷/۲۰	۵۵/۴۵	۳۳
	GA	۹/۷۵	۰/۴۵	۷۶	۷۶/۲۴	۵۲/۷۲	۴۱
ایونده	IWO	۹/۸۷	۱/۲۵	۷۶	۸۲/۶۰	۶۰/۰	۲۶
	GA	۸/۳۱	۱/۱۵	۷۶	۸۱/۸۹	۵۰/۰	۲۶



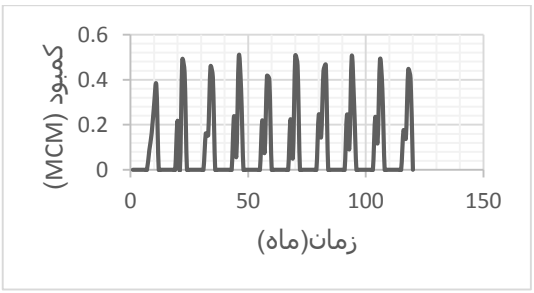
شکل (۲): تغییرات حجم کمبود در منطقه طازران بدون برداشت از آب زیرزمینی(MCM)



شکل (۳): تغییرات حجم کمبود در منطقه ایونده بدون برداشت از آب زیرزمینی(MCM)



شکل (۴): تغییرات حجم کمبود در منطقه طازران با برداشت از آب‌های زیرزمینی(MCM)



شکل (۵): تغییرات حجم کمبود در منطقه ایونده با برداشت از آب‌های زیرزمینی(MCM)

با توجه به جدول(۲) ملاحظه می‌شود که به دلیل توزیع نامتناسب جریان رودخانه طازران، مخزن این سد بدون استفاده از آب‌های زیرزمینی به‌ترتیب قادر به تأمین ۱۰/۹۱ و ۹/۸۷ درصد از نیاز کشاورزی منطقه طازران و ایونده با استفاده از روش بهینه سازی IWO و ۹/۷۵ و ۸/۳۱ درصد با استفاده از روش GA می‌باشد. همچنین در این حالت با توجه به شکل‌های (۲) و (۳) حجم کمبودها در این مناطق حدود ۰/۸ میلیون متر مکعب محاسبه گردید که با توجه به حجم مخزن رقم بالایی می‌باشد. این مقادیر بالای کمبود ناشی از توزیع نامتناسب آب در فصل آبیاری است به‌طوریکه در ماه‌هایی که نیاز آبی افزایش می‌یابد، به ویژه در ماه‌های اردیبهشت تا مرداد

www.SID.ir

Archive of SID

دبی رودخانه کاهش شدید داشته و در برخی مواقع رودخانه خشک می‌گردد و در این حالت باید منبع تأمین نیازها، منابع آب زیرزمینی محدوده طرح باشند. لذا می‌توان با استفاده از منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نیاز کشاورزی منظقه را تأمین نمود به نحوی که در جدول (۲) و شکل‌های (۴) و (۵) نیز مشاهده می‌شود پس از برداشت از منابع آب زیرزمینی منطقه مقادیر درصد تأمین نیاز کشاورزی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته و به ترتیب برای مناطق طازران و ایونده با استفاده از روش IWO به ۷۷/۲۰ و ۸۲/۶۰ درصد و با استفاده از روش ژنتیک به ۷۶/۲۴ و ۸۱/۸۹ درصد افزایش می‌یابد. همچنین در این حالت حجم کمبودها به حدود ۰/۵ میلیون متر مکعب کاهش می‌یابد. با توجه به شاخص اعتمادپذیری نیز ملاحظه می‌شود که مقادیر این شاخص پس از برداشت آب‌های زیرزمینی در منطقه طازران از ۰/۹۰۹ درصد به ۵۵/۴۵ درصد افزایش یافته و شاخص آسیب‌پذیری از ۷۴ درصد به ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. با مشاهده کلیه نتایج به‌دست آمده از این تحقیق همچنین باید بیان نمود که الگوریتم علف‌های هرز در تأمین نیازهای پایین‌دست سد طازران موفق‌تر عمل نموده است اما این تفاوت با توجه به مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه و احجام کمبودها چشمگیر نمی‌باشد.

منابع

پورطبری، م.، ر. مکنون و ت. عبادی. ۱۳۸۷. تدوین سیاست‌های بلندمدت بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی بر اساس مدل بهره‌برداری تلفیقی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، ۲۳ الی ۲۵ مهرماه، دانشگاه تبریز دانشکده مهندسی عمران.

علیمحمدی، س.، و ح. حسین‌زاده. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی حوضه آبریز رودخانه ابهر. فصلنامه آب و فاضلاب، سال پنجم، دوره ۲۱، شماره ۳، ص ۸۷-۷۵.

قادری، ک.، س. اکبری فرد و م. علیان‌نژاد. ۱۳۹۴. بهره‌برداری بهینه از سیستم مخازن با استفاده از دو الگوریتم چرخه آب و جستجوی گرانشی(مطالعه موردی حوضه آبریز گرگان‌رود). نشریه شد و نیروگاه برق‌آبی. سال پنجم، شماره ۲، ص ۴۹-۳۷.

موسوی، س. ج.، ۱۳۹۳. مدیریت منابع آب رویکرد سیستمی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

Ajibola, A. S., and A. O. Adewumi. 2017. Review of Population Based Metaheuristics in Multi-Objective Optimization Problems. International Journal of Computing, Communications & Instrumentation Engineering. 1(1): 126-128.

Foued, B. A., and M. Sameh. 2001. Application of Goal Programming in a Multi-Objective Reservoir Operation Model in Tunisia. Operation Research, 133(2): 352-361.

Labadie, J. w. 2004. Optimal Operation of Multi-Reservoir System: State of the art review. Journal of Water Resources Planning and Management, 130(2): 93-111.

Mehrabian, A. R., and C. Lucasc. 2007. A Novel Numerical Optimization Algorithm Inspired from Weed Colonization. Ecological Informatics, 2(1): 355–366.

Nageshkumur, D., D. S. V. Prasad and K. Srinivasa Raju. 2002. Optimal Reservoir Operation Using Fuzzy Approach, Fuzzy Sets and System, 105(1): 365-372.

Rama, D., and T. Jayabarathi. 2016. Optimal Placement and Sizing of Multiple Distributed Gnerating units in Distribution Networks by Invasive Weed Optimization Algorithm. Ain Shams Engineering Journal, 7(2): 683-694.

Seifbarghy, M., and M. Omidbakhsh. 2011. Solving Quadratic Assignment Problem Using Invasive Weed Optimization Algorithm. Journal of Industrial Engineering, University of Tehran, Special Issue, 5(1): 113-125.

www.SID.ir

Archive of SID

Sonaliya, S., and T. M. V. Suryanarayana. 2015. Optimal Reservoir Operation Using Genetic Algorithm: A Case Study of Ukai Reservoir Project. International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology. 3(6): 681-687.

Wurbs, R.A. 1993. Reservoir-system Simulation and Optimization Models. Journal of Water Resource Planning and Management. 119(4): 455-472.

Yeh, W. G. 1985. Reservoir Management and Operation Models, State of the art review. Journal of Water Resource Research. 21(12): 1797-1818.

Zhou, Y., Q. Luo, H. Chen, A. He and J. Wu. 2015. A Discrete Invasive Weed Optimization Algorithm for Solving Traveling Salesman Problem. Journal of Neurocomputing. 151(1): 1227-1236.

www.SID.ir

Archive of SID

Using of Invasive Weed Optimization Algorithm and Genetic Algorithm for Optimization of Conjunctive Operation of Tazeran Dam

Reza. Zarei[1], Hesam Ghodousi[2], Kazem Shahverdi[3]

Abstract

One of the most important issues in water resources management, is the optimal operation of dam reservoirs. In this research metaheuristic invasive weed optimization algorithm was used to find optimal water allocation strategies for a period of 10 years in Tazeran dam that located in the west of Iran. The developed model in this research is provided for optimal operation in the present state of cropping pattern. The downstream field of Tazeran dam are divided into two zones consist of Tazeran and Evandeh. The defined objective function is to minimize total deficiencies during the simulation period. In order to investigate the reservoir performance indicators of time reliability, percentage to provide volume and vulnerability is used. The results of IWO algorithm also compared with the results of the Genetic algorithm method. Due to the inadequate and inappropriate distribution of Tazeran river flow, simulations have been done in two states, use of surface water flows alone and the combination of surface and underground water flow. Result shows that using IWO and GA method and use of surface and ground water simultaneously, Tazeran dam is able to provide 77.2% and 76.24% of the total downstream of water requirement. Also, reliability and vulnerability indicators in Tazeran region are 55.45% and 33%, respectively, in the IWO method and 52.72% and 41% in the GA method.

Keywords:Invasive weed algorithm, Optimum operation, Reliability, Water resour

1-M.Sc. Hydro Structure Student department of Agriculture, Department of Water Engineering, University of Zanjan, Iran. Zareei_reza70@yahoo.com

2-Assistant Professor, Water Engineering Department, Student department of Agriculture, University of Zanjan, Iran. Corresponding Author
Email: Ghodousi_he@Yahoo.com

3Department of Water Science Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. Shahverdi2006@gmail.com

www.SID.ir