بررسی عملکرد الگوریتم شاهین هریس در بهینه‌سازی مخزن سد

کوثر رنجوری[1*]، مهدی اژدری‌مقدم[2]، سید آرمان هاشمی منفرد[2]، سیما اوحدی[3]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۲) عضو هیئت‌علمی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۳) دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان

*نویسنده مسئول: **k.ranjuri@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵**

چکیده

در هر منطقه‌ای بر اثر کمبود نزولات جوی و با هر نوع آب و هوایی امکان رویداد پدیده خشک‌سالی وجود دارد. این پدیده به عواملی مانند دمای بالا، رطوبت نسبی پایین، ضریب پایین ذوب برف، باد و کمبود بارش بستگی دارد. بهره‌برداری بهینه مخازن با در نظرگرفتن اهداف مهم چندگانه در کنار یکدیگر و به‌صورت هم‌زمان از اهمیت بالایی برخوردار است و به همین جهت لازم است حجم مخزن در هر ماه مدیریت شود؛ زیرا کارایی مخزن در کنترل سیلاب به حجم مخزن و مشخصات ژئومتری آن و سرریز بستگی دارد. در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و یک الگوریتم بهینه شاهین هریس داده‌های سد امیرکبیر کرج به جهت یافتن میزان بهینه برداشت از مخزن سد، نوشته شد و الگوریتم شاهین هریس مورد ارزیابی قرار گرفت. الگوریتم مبتنی بر جمعیت، فرآیند جست-وجو را در دو مرحله اکتشاف و بهره‌برداری انجام می‌دهد. در الگوریتم شاهین هریس پارامترهایی وجود دارد که تغییر در مقدار آن‌ها بر عملکرد این الگوریتم تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه مقدار کمینه تابع هدف در الگوریتم شاهین هریس بررسی‌شد. با افزایش تعداد تکرارها، مقدار تابع هدف بهبود پیدا می‌کند و بهترین مقدار تابع هدف، در تکرار ۶۴۰۰۰ با مقدار ۲۵/۸۹۳۴ بود که بهترین عملکرد الگوریتم در این تکرار به‌دست‌آمد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم فراابتکاری، شاهین هریس، سد امیرکبیر کرج، ذخیره مخزن.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و گسترش صنایع و حوادث طبیعی نظیر خشک‌سالی‌های متعدد، افزایش تقاضاها و ناهمگونی توزیع مکانی و زمانی آب‌های سطحی از جمله عواملی است که سبب شده تأمین آب شرب مورد نیاز در بسیاری از کشورها به دغدغه ذهنی تبدیل شود. آلودگی آب‌ها، مصرف بی‌رویه و تأثیرات خشک‌سالی از جمله تهدیدات برای کمبود آب می‌باشند. کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و سطحی به دلیل تغییر الگوهای آب‌وهوایی، منجر شده، صرفه‌جویی، بهره‌وری و استفاده مجدد آب از اهمیت زیادی برخوردار شود. در هر منطقه‌ای بر اثر کمبود نزولات جوی و با هر نوع آب‌وهوایی امکان رویداد پدیده خشک‌سالی وجود دارد. این پدیده به عواملی مانند دمای بالا، رطوبت نسبی پایین، ضریب پایین ذوب برف، باد و کمبود بارش بستگی دارد. خشک‌سالی به‌طور غیرمستقیم باعث به خطر افتادن بهداشت عمومی و تأثیرات مخرب محیط-زیستی و اکولوژیکی نیز می‌شود. در ایران نیز به دلیل خشک‌سالی و کمبود آب خصوصاً در مناطقی که جمعیت بسیاری در آن ساکن هستند، با توجه به رشد جمعیت و منابع محدود آب باید راهکارهای مناسبی برای استفاده بهینه از منابع اجرا شود. به همین دلیل مدیریت منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدیریت منابع آب به‌مرور زمان با ازدیاد جمعیت و افزایش تقاضای آب برای مصارف مختلف، دشوار شده است. بهره‌برداری بهینه مخازن با درنظرگرفتن اهداف مهم چندگانه در کنار یکدیگر و به‌صورت هم‌زمان از اهمیت بالایی برخوردار است و به همین جهت لازم است حجم مخزن در هر ماه مدیریت شود. زیرا کارایی مخزن در کنترل سیلاب به حجم مخزن و مشخصات ژئومتری آن و سرریز بستگی دارد. کاربرد سیستم‌های بهره‌برداری بهینه از مخازن در قالب مدل‌سازی سیستم‌های چندهدفه در سطح حوضه‌های آبریز به‌منظور افزایش کارایی استفاده از منابع آب موجود در تأمین اهداف مختلف، امری ضروری است. یکی از ضروریات بهره‌برداری از سیستم مخازن، تعیین و تدوین یک سیاست بهره‌برداری و برنامه‌ریزی کارآمد است؛ بدین معنی که در هر دوره زمانی مشخص چه میزان آب و به چه نقاطی تخصیص داده شود. درنتیجه بر مبنای آن می‌توان به سؤالاتی همچون چگونگی محدود شدن تخصیص آب در زمان‌های کم‌آبی و خشک‌سالی و تعیین خروجی از مخزن در زمان‌های پرآبی یا چگونگی تأمین تقاضا به‌وسیله منابع مختلف و مطالبی از این قبیل پاسخ داد. بنابراین استفاده از سیستم‌های منابع آب نیازمند یک سیاست بهره‌برداری است که شامل مجموعه‌ای از قوانین می‌باشد که در شرایط مختلف بهره‌برداری، مقدار آبی را که بایستی ذخیره یا رهاسازی گردد؛ تعیین می‌نماید. مدل‌های بهره‌برداری مخازن بسیار گسترده بوده و انواع مختلفی دارد. هر مدل شامل مزایا و معایبی است و نمی‌توان یک مدل را به‌عنوان بهترین مدل انتخاب کرد. بلکه باید برای هر سیستم با توجه به شرایط خاصی که دارد مانند محدودیت‌های زمانی، اقتصادی، آماری و محاسباتی، مدلی را انتخاب نمود که بهترین جواب را برای آن سیستم برآورد نماید. مدل‌هایی که برای طراحی و بهره‌برداری مخازن مورد استفاده می‌باشند، به‌طور کلی به دودسته مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تقسیم می‌شوند. همچنین با استفاده از مدل‌های ریاضی می‌توان پیامدهای اقتصادی و فیزیکی گزینه‌های مختلف

در مورد جریان‌های رودخانه‌ای آینده، هزینه‌ها، قوانین و ملازمات اجتماعی را برآورد نمود. مدل‌سازی ریاضی سیستم‌های منابع آب دارای دو نوع رویکرد می‌باشند. شبیه‌سازی، یک روش توصیفی و بهینه‌سازی به‌عنوان یک روش تجویزی مطرح می‌باشند که هرکدام مزیت‌ها و معایب خودشان را دارند. تحقیقات نشان داده است که استفاده از مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی عملکرد مخازن را افزایش دهد. در بعضی از سیستم‌ها با توجه به مشخصه‌هایی که دارند از مدل تلفیقی شبیه‌سازی – بهینه‌سازی استفاده می‌کنند. بهینه‌سازی یکی از شاخه‌های ریاضی کاربردی است که در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است و برای تمامی شاخه‌های مهندسی قابل‌استفاده است. روش‌های بهینه‌سازی زیادی وجود دارد که با استفاده از آنها می‌توان به یک طرح بهینه رسید. یکی از مهم‌ترین مزایای بهینه‌سازی که سبب شده این روش، یکی از مهم‌ترین روش‌های کاربردی برای حل مسائل باشد؛ امکان استفاده از تکنیک‌های حل عددی و خودکارسازی توسط نرم‌افزارهای مربوطه است. هروی و اژدری‌مقدم (۱۳۹۵) به تدوین یک مدل تلفیقی شبیه‌سازی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی به‌منظور بررسی دو منبع اساسی عدم قطعیت در مهندسی منابع آب با بهره‌گیری از روش تحلیل عدم قطعیت مونت‌کارلو MCS[1] و ارائه‌ی طرح بهینه‌ی سازه‌ی کنترل سیلاب پرداختند. از مدل هیدرولوژیکی WMS-HEC-RAS برای محاسبه‌ی ارتفاعات پروفیل سطح آب رودخانه و از مدل هیدرولوژیکی WMS-HEC-1 برای مدل‌سازی بارش رواناب استفاده کردند. با تلفیق نتایج دو مدل و استفاده از الگوریتم محاسباتی مونت‌کارلو، هیدروگراف تصادفی سیلاب، تولید و درنهایت ارتفاع بهینه‌ی سازه‌ی سد بر اساس تحلیل اقتصادی و برمبنای ریسک محاسبه و تعیین شد. نتایج ارزیابی ارتفاع طرح‌شده‌ی سد با مدل پیشنهادی در تحقیق، با ارتفاع لحاظ شده بر اساس عدم قطعیت نشان داد که ارتفاع سد به‌اندازه ۱/۱ متر افزایش یافته است. نتایج مدل‌سازی حوضه تحت عدم قطعیت منجر به افزایش راندمان و بهره‌وری در کنار کاهش ریسک پروژه شد. خادمی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی از یک مدل بهینه‌سازی-شبیه‌سازی سیلاب با دوره‌های بازگشت متفاوت، باهدف کمینه‌سازی خسارت ناشی از سیلاب و مدیریت بهینه مخزن و با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی SA[2] که یک روش بهینه‌سازی عددی با ساختار تصادفی هوشمند است، استفاده کردند. آن‌ها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که در صورت مجهزشدن حوضه آبریز سد به سیستم هشدار و به‌منظور اطلاع از زمان وقوع و حجم سیلاب، می‌توان به مدیریت بهینه مخزن در شرایط بحرانی وقوع سیلاب پرداخت. همچنین کارایی مخزن در کنترل سیلاب، علاوه بر حجم مخزن به تأثیرگذاری مشخصات ژئومتری و سرریز آن بستگی دارد. مهم‌ترین پارامترها و معیارهای کاربردی که قبل از روش SA باید بررسی و تنظیم شود شامل دمای اولیه، فاکتور کاهش دما و غیره است. با فرض مجهزبودن سیستم مخزن سد به سیستم خودکار هشدار سیلاب و اطلاع از زمان و حجم سیلابی که قرار است وارد مخزن

[1]-Monte-Carlo Simulation
[2]-Simulated Annealing

شود، بخشی از مخزن تخلیه و با ایجاد حجم کنترل سیلاب از تخصیص حجم مجزایی از مخزن برای این منظور جلوگیری شد. از این روش در سیستم مخزن سد به‌صورت دومنظوره، یکی در زمان معمولی برای ذخیره آب و دیگری در زمان سیلاب برای حجم کنترل سیلاب استفاده کردند. ترابی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی وضعیت فعلی بهره‌برداری و ارائه سیاست بهره‌برداری بهینه و مناسب برای مخزن سد را مورد ارزیابی قراردادند. هدف از این پژوهش تعیین میزان عملکرد روش برنامه‌ریزی خطی و نیز مقایسه روش‌های بهره‌برداری S و SQ بود. نتایج به‌دست‌آمده با توجه به میزان تخلیه مخزن سد نشان داد که میانگین تخلیه در روش بهره‌برداری با الگوی برنامه‌ریزی خطی نسبت به روش SQ بیشتر است و احتمال هدررفتن آب در این روش وجود دارد و همچنین با توجه به میانگین ذخیره، روش SQ از عملکرد بهتری برخوردار است. درمجموع نتایج نشان داد استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی می‌تواند در زمینه بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها مؤثر باشد که به‌نوبه خود برای تسهیل توسعه و پیاده‌سازی استراتژی‌های مدیریتی منابع آب مفید است. ربیعی و همکاران (۱۳۹۸) نسخه بهبودیافته الگوریتم جستجوی ذرات باردار برای افزایش قابلیت جستجوی سراسری الگوریتم و جلوگیری از گیرافتادن در بهینه محلی را ارائه دادند. ایشان از نوعی عملگر جهش‌یافته استفاده و الگوریتم جستجوی ذرات باردار جهش‌یافته را معرفی کردند. سپس به صحت‌سنجی و ارزیابی کارایی این الگوریتم در مقایسه با سایر الگوریتم‌های معتبر فراکاوشی در حل مسائل بهینه‌سازی استاندارد ریاضی پرداختند. طبق نتایج دریافتی، الگوریتم پیشنهادی بهترین عملکرد را در تابع‌های مورد ارزیابی در مقایسه با دیگر الگوریتم‌ها از خود نشان داد. همچنین در پایان کارایی الگوریتم در بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم دومخزنه با استفاده از معیارهای ارزیابی مختلف را مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که الگوریتم فراکاوشی جستجوی ذرات باردار و نسخه جهش‌یافته آن در حل مسائل بهره‌برداری از مخزن عملکرد مناسبی دارد. پرهیزکاری و مازندرانی‌زاده (۱۳۹۸) در تحقیقی به بررسی عملکرد الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه MOPSO در بهره‌برداری از سد و نیروگاه پرداختند. به‌نحوی‌که دستیابی هم‌زمان به دو هدف بیشینه‌سازی درآمد کل سالانه و بیشینه‌سازی حداقل تولید روزانه برق را مدنظر قراردادند. نتایج نشان داد مدل پیشنهادی از عملکرد قابل‌قبولی برای دستیابی به هدف‌ها برخوردار است و حداقل انرژی تولیدی روزانه و درآمد کل سالانه رابطه معکوس با یکدیگر دارند. به‌نحوی‌که افزایش یکی باعث کاهش دیگری خواهد شد. احمدیان‌فر و همکاران (۱۳۹۸) با توجه به ساختار منحصربه‌فرد الگوریتم تکاملی EAs[1] برای ارزیابی تابع هدف و احتمال قرارگیری کم در جواب‌های بهینه موضعی، ترکیبی از الگوریتم‌های تکامل تفاضلی DE[2] و ازدحام ذرات PSO با چند استراتژی DEPSO[3] برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از ۳ مخزن با هدف تولید انرژی برق‌آبی را مورد استفاده قرار دادند. الگوریتم ترکیبی DEPSO توانایی جستجوی محلی و مطلق الگوریتم تکامل تفاضلی DE را برای به دست آوردن قوانین

[1]-Evolutionary Algorithms
[2]-Differential Evolution
[3]- Differential Evolution and Particle Swarm Optimization with Multi-Strategy

بهره‌برداری بهینه ارتقا می‌دهد. در ابتدا کارایی و دقت الگوریتم پیشنهادی به‌وسیله توابع ریاضی اکلی و گریوانک ارزیابی شد. سپس نتایج DEPSO با الگوریتم تکامل تفاضلی DE، ازدحام ذرات PSO و کلونی زنبورعسل ABC[1] مقایسه شد. باتوجه به نتایج محاسبه‌شده به‌وسیله DEPSO، می‌توان نتیجه گرفت که بهبود قابل‌توجهی در مقدار تابع هدف در مقایسه با الگوریتم‌های DE و PSO داشته و با افزایش تعداد متغیرها عملکرد روش مورد نظر مناسب‌تر از دیگر الگوریتم‌ها است. این موضوع بیانگر عملکرد برتر روش مورد نظر نسبت دو روش دیگر برای بهینه‌سازی انرژی برق‌آبی تولید شده از سیستم‌های چند مخزنه است. آذری و آرمان (۱۳۹۹) از ترکیب الگوریتم چند هدفه NSGA-II[2] و مدل شبیه‌ساز WEAP برای استخراج سیاست‌های بهینه بهره‌برداری از مخزن در قالب بهینه‌سازی معین استفاده کردند. به‌طوری‌که در آن، هدف اول، حداکثر نمودن اطمینان‌پذیری تأمین نیازها در مقابل هدف دوم، یعنی حداقل نمودن میزان تخطی ناشی از عدم تأمین نیازها و تخطی از ظرفیت مخزن در طول دوره بهره‌برداری قرار گرفت؛ اما جواب‌های بهینه یعنی مقدار رهاسازی از مخزن قابل‌تعمیم برای سایر ورودی‌های محتمل به مخزن نیستند. درصورت تغییر جریان ورودی به مخازن، جواب‌های بهینه به‌دست‌آمده کارایی نداشته و باید بهره‌برداری از سیستم در قالب الگوریتم بهینه‌ساز مجدداً بهینه گردد. به همین دلیل برای حل این مشکل روش جدیدی بر اساس تلفیق روش ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم NSGA-II برای بهره‌برداری بهینه از سیستم در زمان واقعی را توسعه دادند. نتایج نشان داد میانگین خطای قوانین بهینه مستخرج از ماشین بردار پشتیبان نسبت به خروجی الگوریتم NSGA-II در مرحله صحت‌سنجی کمتر از ۱۰ درصد است که نشان‌دهنده کارایی این روش در پیش‌بینی الگوی بهینه منحنی فرمان سد در زمان واقعی است. روش مورد استفاده این قابلیت را داشته که با توجه به ورودی‌های جدید جریان به سد، سیاست‌های بهره‌برداری بهینه را به نحوی در اختیار قرار دهد که امکان مدیریت بهینه سیستم در زمان واقعی فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

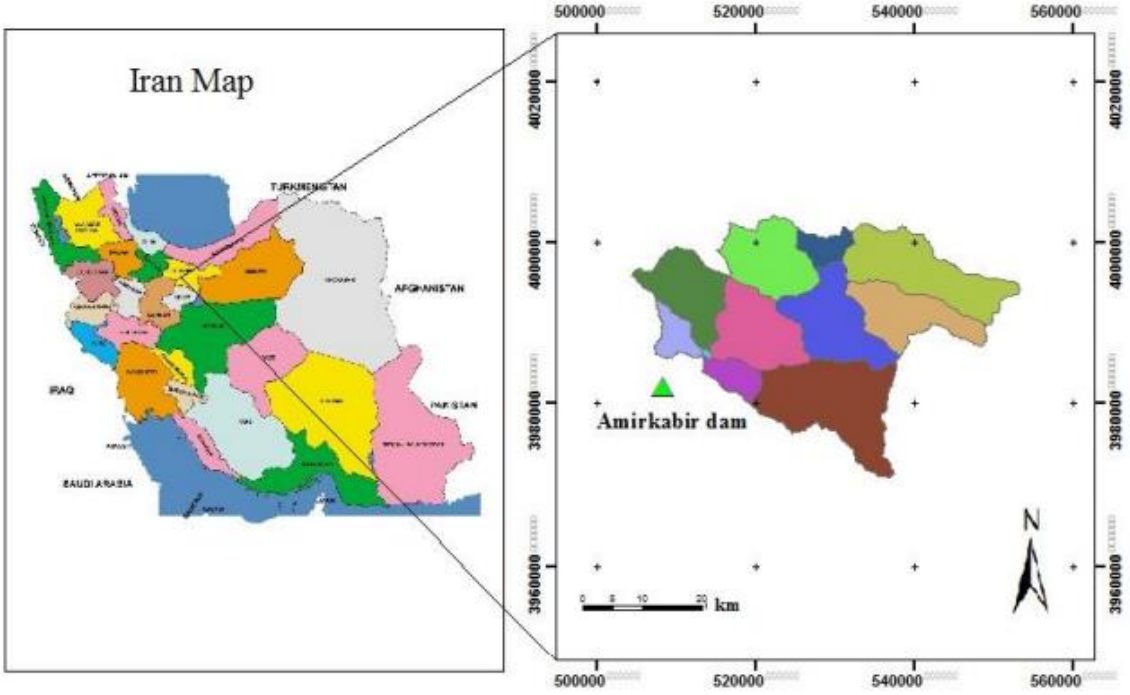
نام دیگر سد امیرکبیر، سد کرج نامیده می‌شود. این سد در ۲۳ کیلومتری جاده‌ی کرج-چالوس و در شمال شهر کرج واقع است. این سد یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب شهر تهران و از بزرگ‌ترین سدهای چندمنظوره کشور می‌باشد. سد امیرکبیر یکی از سدهای بتنی کشور است که حدود ۲۰۵ میلیون مترمکعب گنجایش دارد. دارای متوسط آب سالیانه آن ۵۰۰ میلیون مترمکعب بر ثانیه و ۴۷۲ میلیون مترمکعب حجم آب قابل تنظیم سالانه است. دو هدف عمده احداث این سد شامل: یکی تنظیم جریان و استفاده کامل‌تر از آب رودخانه کرج برای مصارف شهری و صنعتی تهران و حومه و دومین هدف آبیاری اراضی تحت کشت دشت کرج و تولید برق بوده است. مقدار توزیع سالانه آب تا قبل از احداث سد بالغ بر ۶۸/۴ میلیون

[1]-Artificial Bee Colony
[2]-Non-dominated-sorting Genetic Algorithm

مترمکعب برای مصارف شهر تهران و ۱۶۵ میلیون مترمکعب جهت آبیاری است. بعد از احداث سد ۱۱۵/۶ میلیون مترمکعب آب اضافی جهت مصرف شهر تهران در نظر گرفته شد. مساحت مخزن دریاچه سد از ۱/۱ کیلومترمربع تا ۴ کیلومترمربع در حال تغییر است. دریچه‌های سد ۵ ساعت در شبانه‌روز باز می‌ماند تا آب لازم برای عملکرد توربین‌ها فراهم آید. میانگین جریان آب ۱۴/۵ مترمکعب در ثانیه است. این سد دارای انحنا در دو جهت بوده که دارای سرریز، وسایل خروجی آب و جایگاه مرکزی تولید نیرو می‌باشد. سد از نوع سدهای قوسی با ارتفاع ۱۸۰ متر از محل دیواره است. ضخامت این سد ۳۲ متر در کف و ضخامت در تاج سد ۸ متر و حجم بتن سد و سرریز ۷۵۰ هزار مترمکعب است. ظرفیت دو سرریز حداکثر ۱۴۵۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. در جدول (۱) مشخصات فیزیکی سد کرج و در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی سد امیرکبیر (کرج) نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی سد کرج

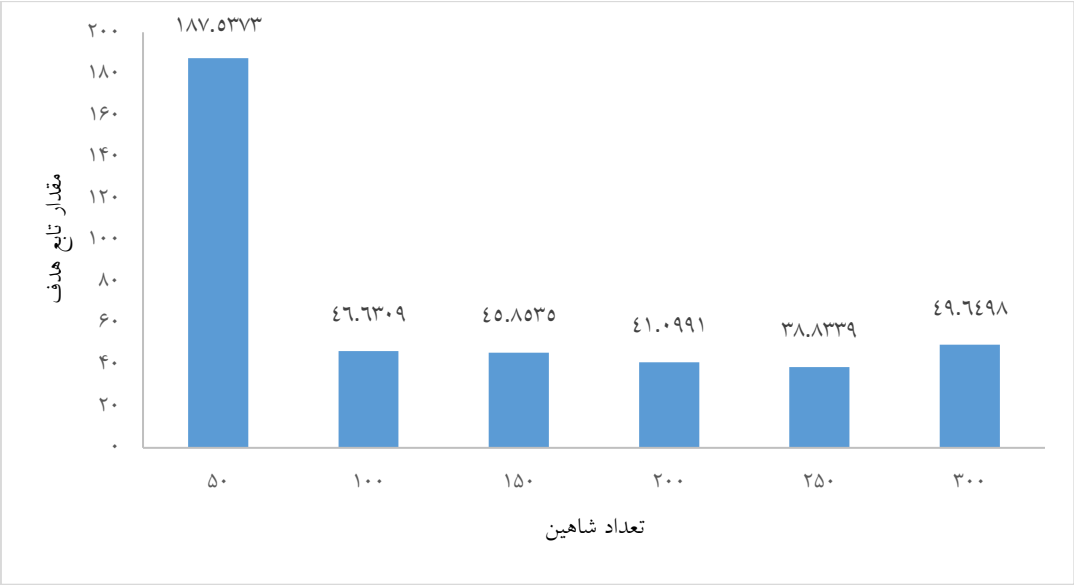
نوع سد	بتنی دو قوسی همراه با انحنای مضاعف
نام حوضه آبریز اصلی	مرکزی
نام حوضه آبریز فرعی	کرج
تراز سرریز	۱۷۵۴ متر
طول تاج سد	۳۹۰ متر
ارتفاع تاج سد از پی	۱۸۰ متر
ارتفاع تاج سد از بستر رودخانه	۱۶۵ متر
تراز تاج سد	۱۷۶۸/۶
سطح مخزن در تراز نرمال	۴ کیلومترمربع
حجم اولیه مخزن	۲۰۵ میلیون مترمکعب
مساحت حوضه آبریز	۸۵۰ کیلومترمربع
ارتفاع متوسط حوضه	۲۹۰۰ متر



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی سد امیرکبیر (کرج)

نتایج و بحث

در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و یک الگوریتم بهینه شاهین هریس داده‌های سد امیرکبیر کرج به جهت یافتن میزان بهینه برداشت از مخزن سد نوشته شد و الگوریتم شاهین هریس مورد ارزیابی قرار گرفت. الگوریتم مبتنی بر جمعیت، فرآیند جست‌وجو را در دو مرحله اکتشاف و بهره‌برداری انجام می‌دهد. در الگوریتم شاهین هریس پارامترهایی وجود دارد که تغییر در مقدار آن‌ها بر عملکرد این الگوریتم تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه مقدار کمینه تابع هدف در الگوریتم شاهین هریس بررسی شد. این پارامترها شامل، تعداد شاهین‌ها و تعداد تکرار است. تأثیر مقادیر مختلف این پارامترها در شکل (۲) آورده شده است. همان‌طور که در شکل (۲) ملاحظه می‌گردد افزایش تعداد شاهین‌ها با وجود نوساناتی تأثیر مثبتی در بهینه‌سازی تابع هدف (کمینه‌سازی) دارد و بهترین عملکرد الگوریتم با تعداد شاهین‌های ۲۵۰، با مقدار تابع هدف ۳۸/۸۳۳۹ بود. به‌طورکلی می‌توان گفت که باوجود تأثیر مثبتی که افزایش تعداد شاهین‌ها در مقدار تابع هدف دارد؛ اما از یک مقداری به بعد با افزایش تعداد این پارامترها در مقدار تابع هدف بهبودی حاصل نمی‌شود. همچنین بدترین عملکرد این الگوریتم در تعداد شاهین‌های ۳۰۰ با مقدار تابع هدف ۴۹/۶۴۹۸ به‌دست‌آمد. بتابراین تعداد ۲۵۰ شاهین به‌عنوان مقدار بهینه و پایه الگوریتم در نظر گرفته شد.



شکل ۲: مقادیر مختلف تعداد شاهین‌ها برای الگوریتم شاهین هریس و مقدار تابع هدف متناظر

در مرحله بعد تأثیر افزایش تعداد تکرارها در نحوه عملکرد الگوریتم شاهین هریس مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده و نتایج حاصله با افزایش تعداد تکرارها، مقدار تابع هدف بهبود پیدا می‌کند و بهترین مقدار تابع هدف، در تکرار ۶۴۰۰۰ با مقدار ۲۵/۸۹۳۴ بود؛ که بهترین عملکرد الگوریتم در این تکرار به‌دست آمد. با در نظر گرفتن این اصل که عملکرد یک الگوریتم را نمی‌توان فقط با یک مرتبه اجرای الگوریتم نشان داد، بنابراین الگوریتم در تعداد شاهین‌های ۲۵۰ و تکرار ۶۴۰۰۰، ۵ مرتبه اجرا شد تا کارایی الگوریتم با دقت بیش‌تری بررسی گردد. نتایج حاصله در شکل (۳) آورده شده است.

شکل ۳: نتایج حاصل از ۵ مرتبه اجرای الگوریتم شاهین هریس

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار MATLAB داده‌های سد امیرکبیر کرج به جهت یافتن میزان بهینه برداشت از مخزن با استفاده از الگوریتم شاهین هریس مورد مطالعه قرار گرفت. سپس کارایی الگوریتم شاهین هریس مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار بهینه تابع هدف حاصل از اجرای الگوریتم شاهین هریس با تکرار ۶۴۰۰۰ مرتبه با تعداد ۲۵۰ شاهین به میزان ۲۵/۸۹۳۴ به‌دست‌آمد. نتایج نشان داد که الگوریتم شاهین هریس می‌تواند کارایی مناسبی در بهینه یابی استفاده از مخزن سد داشته باشد. میزان بهینه تابع هدف منطقی بوده و هزینه اجرای الگوریتم و کارایی آن معقول است.

منابع

آذری، آ. و آرمان، ع. (۱۳۹۹). بهره‌برداری بهینه منابع آب در زمان واقعی بر اساس الگوریتم NSGA-II و ماشین‌های بردار پشتیبان (مطالعه موردی: سد گاوشان). نشریه علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۴۳، شماره ۱، ص ۲۰۴-۱۸۹.

احمدیان‌فر، ا.، جامعی، م. و خواجه، ز. (۱۳۹۸). استخراج قوانین بهره‌برداری بهینه سامانه مخازن برق‌آبی با استفاده از یک روش بهینه‌سازی ترکیبی (مطالعه مورد: حوضه کارون-دز). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۲۶، شماره ۶، ص ۱۱۸-۹۹.

پرهیزکاری، م. و مازندرانی‌زاده، ح. (۱۳۹۸). استفاده از MOPSO در بهینه‌سازی چندهدفه بهره‌برداری از مخزن برق‌آبی مطالعه موردی: سد کارون ۵. تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۵، شماره ۱، ص ۳۶۴-۳۶۱.

ترابی، ح.، دهقانی، ر. و گودرزی، ا. (۱۳۹۸). بهره‌برداری بهینه از مخزن با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی (مطالعه موردی: سد درودزن. فصلنامه انسان و محیط‌زیست، دوره ۱۷، شماره ۱، ص ۳۷-۲۷.

خادمی، م.، فضل اولی، ر. و عمادی، ع. (۱۳۹۸). بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن در شرایط بحرانی وقوع سیلاب بر اساس الگوریتم شبیه‌سازی بازپخت، مطالعه موردی: سد مخزنی البرز. دو فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۸، شماره ۱، ص ۱۱۸-۱۰۷.

ربیعی، م. ح.، اعلمی، م. ت. و طلعت‌اهری، س. (۱۳۹۸). ارزیابی عملکرد الگوریتم فراکاوشی جستجوی ذرات باردار بهبودیافته در بهینه‌سازی بهره‌برداری از سامانه مخازن. تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۵، شماره ۳، ص ۳۲۳-۳۰۴.

هروی، ز. و اژدری‌مقدم، م. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر عدم قطعیت در بهینه‌سازی و ریسک عملکرد سازه‌های کنترل سیلاب (مطالعه موردی حوضه آبریز عمارت- قوچان). ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه کردستان، ۱ اردیبهشت ۱۳۹۵، سنندج، ایران.

Checking the performance of Shahin Harris algorithm in dam reservoir optimization

Kosar Ranjuri[1*], Mehdi Azhdary Moghaddam[2], Seyed Arman Hashemi Monfared[2], Sima ohadi[3]

1) Masters student, Department of Civil Engineering, Sistan and Baluchestan University, Iran

2) Department of Civil Engineering, Sistan and Baluchestan University, Iran

3) PHD student, Department of Civil Engineering, Sistan and Baluchestan University, Iran

***Correspondence author:** k.ranjuri@gmail.com

Received Data: 2023. 06. 10 **Accepted Data: 2023. 07.06**

Abstract

In any region due to the lack of precipitation and with any type of weather, there is a possibility of a drought phenomenon. This phenomenon depends on factors such as high temperature, low relative humidity, low coefficient of snow melting, wind and lack of precipitation. Optimum exploitation of reservoirs by considering multiple important goals together and simultaneously is of great importance, and for this reason, it is necessary to manage the volume of the reservoir every month; Because the efficiency of the reservoir in flood control depends on the volume of the reservoir and its geometric characteristics and overflow. In this study, using MATLAB software and an optimal algorithm of Harris Hawks, the data of Amirkabir Karaj dam was written in order to find the optimal amount of withdrawal from the reservoir of the dam, and Harris Hawk algorithm was evaluated. The population-based algorithm performs the search process in two stages: exploration and exploitation. In Harris Hawk algorithm, there are parameters whose value change affects the performance of this algorithm. In this study, the minimum value of the objective function was investigated in Harris Hawk algorithm. By increasing the number of iterations, the value of the objective function improves, and the best value of the objective function was in iteration 64000 with a value of 25.8934, which achieved the best performance of the algorithm in this iteration.

Keywords: Meta-heuristic algorithm, Harris Hawk, Amirkabir Karaj dam, Reservoir storage.