بهینه‌سازی مخزن سد کرج با استفاده از الگوریتم مدرن کلونی مورچه‌ها

حمیدرضا عزیزی*[۱]، سعید عزیزی[۲]، سید حبیب موسوی جهرمی[۳]

۱) دانشجوی دکتری تخصصی، گروه عمران-مهندسی و مدیریت منابع آب، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲) دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه عمران-مهندسی و مدیریت منابع آب، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳) اُستاد،گروه عمران-مهندسی و مدیریت منابع آب، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: **Azizi.hamidr@gmail.com**

تاریخ دریافت:۹۸/۰۴/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۰**

چکیده

الگوریتم کلونی مورچه الهام گرفته شده از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه‌ها است. از آن جا که روش‌های بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها قادر به آن هستند که زمان محاسبات را به طور قابل توجهی کاهش داده و در عین حال نتایج را بهبود بخشند، در پژوهش حاضر برای تعیین میزان بهره‌برداری بهینه در حوزه‌ی مسائل مهندسی آب، از مخزن سد کرج جهت مطالعه و پیاده‌سازی این الگوریتم استفاده شد. این پژوهش با هدف بهینه‌سازی مخازن آبی، با مطالعه موردی سد کرج توسط الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها صورت گرفت، ابتدا مشخصات سد از شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران تهیه و سپس داده‌های حاصل از گزارشات دوره‌ای هیدرولوژیکی و هواشناسی از سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان البرز برای یک دوره ۵ ساله از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ تهیه شد. پس از اصلاح و بازسازی داده ها، الگوریتمی به منظور بهینه‌سازی مخزن سد کرج ارائه گردید. سپس توسط نرم افزار MATLAB این روند پیاده‌سازی شد و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که استفاده از الگوریتم مدرن بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها در حل مسائل بهینه‌سازی سد نتایج خوبی از خود نشان می‌دهد که با نتایج روش‌های الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی پویا نیز همخوانی و هماهنگی داشته و بعضاً از آنها بهتر ظاهر شده است. با این وجود به منظور حصول جواب‌های بهینه می‌بایست روند حل را در فازهای مختلف حل مسئله مورد آزمون قرار داد و با استفاده از بهترین شرایط در مقایسه با سایر رویکردهای بهینه‌سازی مورچگان، سیستم حل مناسبی را انتخاب نمود تا جواب‌های مناسبی به دست آید.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم، بهینه‌سازی، کلونی، مورچه‌ها، سد، کرج.

مقدمه

شبیه‌سازی به عنوان یکی از روش‌های عملی و مرسوم از اوایل دهه ۱۹۵۰ در تحلیل سیستم‌های منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است. علیرغم وجود مستندات بسیار در مقالات و تحقیقات آکادمیک در خصوص بهینه‌سازی منابع آب، میزان مشارکت آن در موارد عملی بسیار اندک بوده است. یکی از عوامل اصلی استفاده اندک از مدل‌های بهینه‌سازی، پیچیدگی حل این مدل‌ها بوده است. تا یک دهه اخیر، بیشتر این مدل‌ها سعی در حل مطلق و رسیدن به بهینه مطلق داشته‌اند که در بیشتر موارد با پیچیده‌تر شدن سیستم، عملاً کارآیی خود را از دست می‌دادند. اما در بیشتر موارد، تصمیم گیرندگان نیاز چندانی به رسیدن به بهینه مطلق در یک مسئله دنیای واقعی ندارند و تنها با یک جواب خوب قادر به تصمیم‌گیری می‌باشند. به این ترتیب در بحث منابع آب نیز متخصصین به سمت استفاده از روش‌های تقریبی در حل مسائل بهینه‌سازی حرکت کردند. روش‌های فراکاوشی به عنوان یکی از مهمترین و مناسب‌ترین روش‌ها جهت رسیدن به جواب‌های خوب و نزدیک به بهینه مطلق، در دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. ACO یک روش فراکاوشی است که در سال ۱۹۹۲ توسط دوریگو پیشنهاد شد (Dorrigo, 1992). در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های فراکاوشی با پیشرفتی سریع در مسائل پیچیده و حل مشکل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. الگوریتم‌های نشأت گرفته از رفتار طبیعت، همچون الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی در مسائل بسیار پیچیده مهندسی آن‌چنان دلگرم کننده بود که سیستم‌های طبیعی به عنوان منبع اساسی ایده‌های مدل‌سازی و ایجاد سیستم‌های مصنوعی مختلف به طور کامل پذیرفته شده است. کاربرد الگوریتم‌های ACO در مهندسی آب از زمان پیدایش این الگوریتم به نسبت سایر پژوهش های انجام شده، بسیار کم بوده است. اولین کار گزارش شده از این کاربرد مربوط به سال ۲۰۰۱ می‌باشد. در این سال ,Abbaspour و همکاران (۲۰۰۱) از الگوریتم‌های ACO برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی خاک‌های غیراشباع استفاده نموده‌اند. پس از آن Simpson و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از این الگوریتم، مسئله طراحی شبکه‌های آب را مدل نمود و پارامترهای آن را تنظیم نمودند. Maier و همکاران (۲۰۰۳) این الگوریتم را جهت یافتن جواب‌های نزدیک به بهینه در یک سیستم شبکه توزیع آب استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این الگوریتم گزینه قابل رقابتی با الگوریتم ژنتیک در مساله طراحی شبکه توزیع آب است. Zecchin و همکاران (۲۰۰۳) عملکرد الگوریتم مورچه‌ها را با الگوریتم کمینه-بیشینه در مسئله طراحی شبکه آب مقایسه نمودند. همچنین، Kumar و Reddy (۲۰۰۶) از بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها برای بهره‌برداری مخزن چند منظوره استفاده نمودند و نتایج حاصله را با الگوریتم ژنتیک مقایسه کردند. آن‌ها بدون ذکر جزئیات بیشتر عنوان نمودند که در دوره های بلندمدت، ACO بهتر از GA رفتار می‌کند. در سال‌های اخیر بیشترین کار انجام گرفته در زمینه به کارگیری ACO در مهندسی آب و بهینه‌سازی مخازن صورت گرفته است. Jalali و همکاران (۲۰۰۷) از الگوریتم‌های مورچه‌ها با ساختار گسسته در یک سیستم چندمخزنی استفاده نمودند. Zecchin و همکاران (۲۰۰۷) از الگوریتم‌های بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها در طراحی سیستم توزیع آب استفاده نموده و عملکرد آن‌ها را با هم

مقایسه نمودند. Ehsani و افشار (۲۰۱۰) کاربرد NA-ACO در طراحی شبکه‌های حسگر چند منظوره آلاینده‌ها برای سیستم‌های توزیع آب را بررسی کردند. Hajizadeh و همکاران (۲۰۱۱) پژوهشی بر بهینه‌سازی کلونی مورچه برای تطبیق زمانی و تخصیص عدم قطعیت مدل‌های دو مخزن پیچیده واقعی را انجام دادند که مستلزم حل یک مسئله بهینه‌سازی از ابعاد بالاتر بود. Moeini و Afshar (۲۰۱۱) با استفاده از سیستم مورچه‌های کمینه-بیشینه، بسطی از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه مشروط Constrained Ant Colony Optimization Algorithms-(CACOAs) برای بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های چند مخزنه را ارائه نمودند. آن‌ها متوجه شدند که استفاده از روش‌های ارائه شده در این پژوهش برای حل مسائل چند مخزنه بزرگ مقیاس نتایج بهتری نسبت به استفاده از روش‌های معمول و مرسوم داشته است. Afshar و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از ترکیب دو الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها و برنامه ریزی خطی، پژوهشی بر اساس قابلیت اطمینان بر طرح بهینه‌ی مخازن انجام دادند. از آن جا که روش‌های بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها قادر به آن هستند که زمان محاسبات را به طور قابل توجهی کاهش داده در عین حال نتایج را بهبود بخشند، در پژوهش حاضر برای تعیین میزان بهره‌برداری بهینه در حوزه‌ی مسائل مهندسی آب، از مخزن سد کرج جهت مطالعه و پیاده‌سازی الگوریتم استفاده شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

سد بتنی امیرکبیر موسوم به سد کرج با گنجایشی بالغ بر ۲۰۵ میلیون متر مکعب، متوسط آب سالیانه ۵۰۰ متر مکعب برثانیه، حجم آب قابل تنظیم سالیانه ۴۷۲ میلیون متر مکعب و نیز دریاچه‌ای به طول ۱۴ کیلومتر و حجم مفید ۱۹۱.۶ میلیون متر مکعب و سطح زیر کشت ۵۰ هزار هکتار اولین سد چندمنظوره ایران است که در شمال شهر کرج و در ۲۳ کیلومتری محور کرج-چالوس واقع شده است. دریاچه این سد بوسیله رودخانه کرج تغذیه می‌شود، از دیگر اهداف این سد می‌توان تامین آب لوله کشی شهرتهران و گسترش کشاورزی و آبرسانی به ۵۰ هزار هکتار زمین‌های کشاورزی کرج را نام برد. نیروگاه برق آبی این سد نیز با بیش از چهل و شش سال فعالیت به شبکه برق کشور متصل و توانایی تولید ۹۰ مگاوات برق را داراست.

جدول۱: مشخصات سد کرج(شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران)

نام سازمان	**تهران**	**نام سد**	**امیرکبیر**
نوع سد	**بتنی دوقوسی**	**سال شروع ساخت**	**۱۳۳۲**
سال شروع بهره برداری	**۱۳۴۰**	**محل سد (استان)**	**تهران**
نزدیک ترین شهر و فاصله از آن (کیلومتر)	**کرج، ۲۳**	**نام حوضه آبریز اصلی**	**مرکزی**
نام حوضه آبریز فرعی	**کرج**	**نام رودخانه**	**کرج**
ارتفاع از کف (متر)	**۱۶۰**	**ارتفاع از پی** (متر)	**۱۸۰**
طول تاج (متر)	**۳۹۰**	**عرض در تاج** (متر)	**۸**
عرض در پی (متر)	**۳۸**	**سطح زیر کشت (هکتار)**	**۵۰۰۰۰**
حجم آب قابل تنظیم سالیانه (ملیون متر مکعب)	**۴۷۲**	**ظرفیت نیروگاه (مگاوات)**	**۹۰**
حجم کل (ملیون متر مکعب)	**۲۰۵**	**نوع سرریز**	**دریچه دار**
حجم مفید (ملیون متر مکعب)	**۱۹۱.۶**		

در این پژوهش که با هدف بهینه سازی مخازن آبی با مطالعه موردی سد کرج توسط الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها صورت گرفته است، ابتدا مشخصات سد از شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران تهیه شد. سپس داده‌های حاصل از گزارشات دوره‌ای هیدرولوژیکی و هواشناسی را از سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان البرز برای یک دوره ۵ ساله از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ تهیه شد و پس از اصلاح و بازسازی داده‌ها، الگوریتمی به منظور بهینه‌سازی مخزن سد کرج ارائه گردید و سپس توسط نرم‌افزار MATLAB این روند پیاده سازی شده و مورد آزمایش قرار گرفت. همان‌طور که ذکر شد، بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها که یکی از روش‌های فراکاوشی است، این قابلیت را داراست که در بسیاری از مسائل بهینه‌سازی مهندسی مورد استفاده قرار گیرد.

تعیین اهداف و قیود

در مسئله بهره‌برداری مخزن، هدف می‌تواند به اشکال مختلف تعریف گردد. این هدف می‌تواند اقتصادی و یا منابع آبی باشد. به عنوان مثال می‌تواند هدف حداکثر سازی درآمد، حداقل‌سازی هزینه، حداکثرسازی سطح زیر کشت، حداکثر سازی انرژی تولیدی، حداقل سازی میزان کمبود اعمال شده به یک نیاز مشخص و... باشد. در خصوص قیدهای موجود در بحث بهره‌برداری مخزن می‌توان آنها را به دو بخش قیدهای اصلی و فرعی تقسیم نمود، که قیدهای اصلی در تمامی مدل‌ها می‌بایست اعمال گردند و قیدهای فرعی بسته به نوع مسئله و نحوه برخورد تعریف می‌گردند. اولین و مهم‌ترین قید موجود در مسئله بهره‌برداری مخزن، رابطه پیوستگی است:

رابطه۱

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - R_t - Loss_t$$

که در آن S_t:حجم مخزن در ابتدای دوره t، Q_t: جریان ورودی به مخزن در دوره t، R_t: میزان رهاسازی مخزن در دوره t، $Loss_t$: میزان آب از دست رفته به صورت تبخیر، نشت و... در دوره t و S_{t+1} حجم مخزن در انتهای دوره t است.

از جمله قیود اصلی دیگر می‌توان به حد بالا و پائین برای متغیرهای فوق اشاره نمود.

رابطه۲

$$R_{\min} < R_t < R_{\max}$$

که در آن: S_{min} و S_{max} حداقل و حداکثر حجم مجاز مخزن R_{min} و R_{max} حداقل و حداکثر رهاسازی مجاز مخزن می باشند. این مقادیر می‌توانند در دوره‌های مختلف نیز متفاوت باشند.

در خصوص قیود فرعی که وابسته به نوع مسئله می‌باشند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- قید در خصوص متوسط کمبود درازمدت
- قید در خصوص حداکثر و حداقل توان تولیدی در نیروگاه‌های برقابی
- قید در خصوص حداکثر سطح زیر کشت

حل مدل و تعیین رهاسازی مخزن به عنوان متغیر تصمیم

پس از تهیه مدل بهینه‌سازی و تابع هدف و قیود مدل، نوبت به حل آن می‌رسد. در این مرحله می‌بایست روش حل تعیین گردد. همان‌طور که اشاره شد، روش‌های مختلفی جهت حل مسایل بهینه‌سازی وجود دارد که یکی از این روش‌ها، همان روش‌های تقریبی، تکراری فراکاوشی است که در این پژوهش، بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها به عنوان یکی از این روش‌ها انتخاب شد. در مسئله بهره‌برداری مخزن همان‌طور که اشاره شد می‌توان هم حجم مخزن و هم رهاسازی مخزن را به عنوان متغیر تصمیم منظور کرد. در خصوص انتخاب رهاسازی مخزن جهت متغیر تصمیم، پس از تقسیم دامنه مجاز رهاسازی مخزن به دسته‌های مختلف، در هر بازه زمانی (مرحله تصمیم گیری i) تنها تصمیم گیری بر مبنای میزان رهاسازی مخزن (دسته j) خواهد بود، یعنی مسیرهای گراف مورد نظر از هر مرحله تصمیم‌گیری به مرحله بعد تعریف می‌شود. به این ترتیب متغیرهای کاوشی هردو همانند حالت استاندارد دو بعدی خواهند بود. به دلیل مناسب‌تر بودن انتخاب رهاسازی مخزن به عنوان متغیر تصمیم از لحاظ حجم عملیات و سادگی آن از این پس رهاسازی مخزن به عنوان متغیر تصمیم منظور می‌شود. پس از مشخص شدن موارد فوق نوبت به انتخاب الگوریتم مناسب مورچه جهت حل مسئله می‌رسد، همان‌طور که اشاره شد، الگوریتم‌های زیادی از نوع کلونی مورچه‌ها تاکنون معرفی شده‌اند که شاید الگوریتم سیستم مورچه‌ها پر کاربردترین آنها باشد. پس می‌توان با یک انتخاب اولیه، الگوریتمی را جهت حل در نظر گرفت و یا با مقایسه عملکرد چند الگوریتم بهترین آنها را انتخاب کرد. الگوریتم‌های مختلف با توجه به نوع مسئله و ماهیت آن عملکردهای متفاوتی دارند. جهت بررسی نحوه عملکرد روش کلونی مورچه‌ها در مسئله بهره‌برداری مخزن از سیستم تک مخزنه سد کرج استفاده شد.

حل مسئله بهینه سازی بهره برداری با نظر به برق‌آبی بودن مخزن

بهره‌برداری مخازن برقابی، به دلیل رابطه تولید انرژی، دارای قید غیر خطی بوده و فضای جست‌وجوی متغیر تصمیم آن به صورت غیرمحدب است. در این بخش جهت تعریف یک مساله بهره‌برداری تک مخزنه برقابی از برخی از اطلاعات سد امیرکبیر (سد کرج) استفاده شد. اطلاعات آبدهی ورودی و احجام مخزن پیش از این ارائه شده است. در روابط تولید انرژی، علاوه بر آبدهی، بار آب موثر بر توربین‌ها نیز می‌بایست تعریف گردد. جهت استفاده از مقادیر حجم-ارتفاع مخزن، یک تابع چند جمله‌ای درجه سوم بر آنها برازش داده شد. این رابطه به همراه ضرایب آن به صورت رابطه (۳) است:

$$H = a + b.S + c.S^2 + d.S^3$$ رابطه ۳

که در آن: a=322.48657 ، b=0.075628 ، $c=-3.7565342\times10^{-5}$ و $d=1.8829653\times10^{-9}$ و s حجم مخزن بر حسب میلیون مترمکعب و H تراز مخزن بر حسب متر از سطح دریا است. جهت تعیین مقدار بار آب موثر، تراز پایاب نیروگاه سد معادل ۱۷۳۰ متر از سطح دریا منظور شد. نیروگاه از ۴ واحد۲۲.۵ مگاواتی تشکیل شده است که زمان کارکرد آن در طول روز حدود ۱۰ ساعت است. به این ترتیب در محاسبات از ضریب کارکرد (PF) معادل ۰/۲۱۴ استفاده می‌شود. در ادامه محاسبات ظرفیت نصب نیروگاه معادل ۹۰ مگاوات و بازده آن معادل ۸۵ ٪ منظور گردید. مدل بهینه‌سازی مورد نظر را می‌توان به صورت خلاصه زیر ارائه نمود:

Minimum (F): $F=\sum_{i=1}^{NT}(1-\frac{Pi}{Power})$ رابطه ۴

رابطه ۵

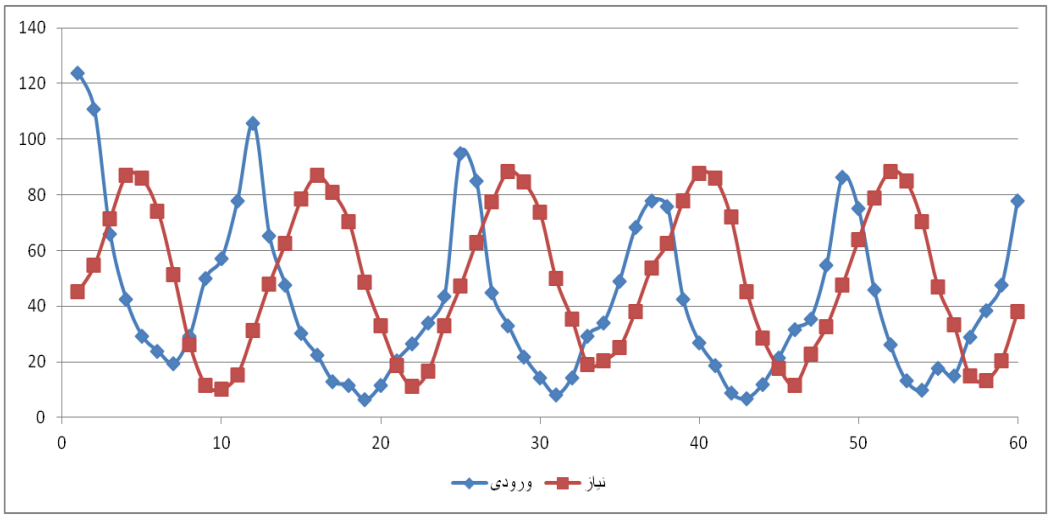
$$\begin{cases} S_{i+1}=S_i+(Q_i-R_i)\times C_i & i=1,2,....,NT \\ P_i=\min(9.81\times0.9\times\frac{Ri}{PF}\times\frac{Hi}{1000}\ , Power) & i=1,2,....,NT \\ H_i=a+b\times S_i+c\times S_i^2+d\times S_i^3 & i=1,2,....,NT \\ H_i=\frac{Hi+Hi+1}{2}-TWL & i=1,2,....,NT \\ S_{min}\leq Si\leq S_{max} & i=1,2,....,NT \end{cases}$$

که در آن‌ها: P_i توان تولیدی (مگاوات)، $Power$ ظرفیت نصب نیروگاه (۹۰ مگاوات)، h_i بار آب موثر بر نیروگاه (متر) و TWL تراز پایاب نیروگاه (متر از سطح دریا) است.

نتایج و بحث

تغییرات حجم نیاز و ورودی مخزن در دوره ۶۰ ماهه

جهت بررسی نحوه عملکرد روش کلونی مورچه‌ها در مسئله بهره برداری مخزن از سیستم تک مخزنه سد کرج استفاده شده است. حجم مفید مخزن معادل ۱۹۱.۶ میلیون متر مکعب و متوسط حجم ورودی سالیانه در یک دوره ۵ ساله معادل ۲۱۰۲ میلیون متر مکعب است. ۵ سال آمار از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ (۶۰ دوره ماهیانه) جهت مدل‌سازی کلونی مورچه‌ها انتخاب گردید که متوسط حجم ورودی سالیانه در این ۵ سال معادل ۱۹۱۸ میلیون متر مکعب است. حجم حداقل و حداکثر مخزن به ترتیب معادل ۹۷ و ۱۹۵ میلیون متر مکعب است. هدف اصلی از بهره برداری بهینه مخزن در این مسئله، حداقل سازی مربع انحراف جریان رهاسازی شده در هر دوره، از میزان نیاز آن دوره است.



شکل۱: تغییرات حجم نیاز و ورودی مخزن(ملیون متر مکعب) در دوره۶۰ ماهه از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵

انتخاب بهترین الگوریتم کلونی مورچه ها با مقایسه سه الگوریتم

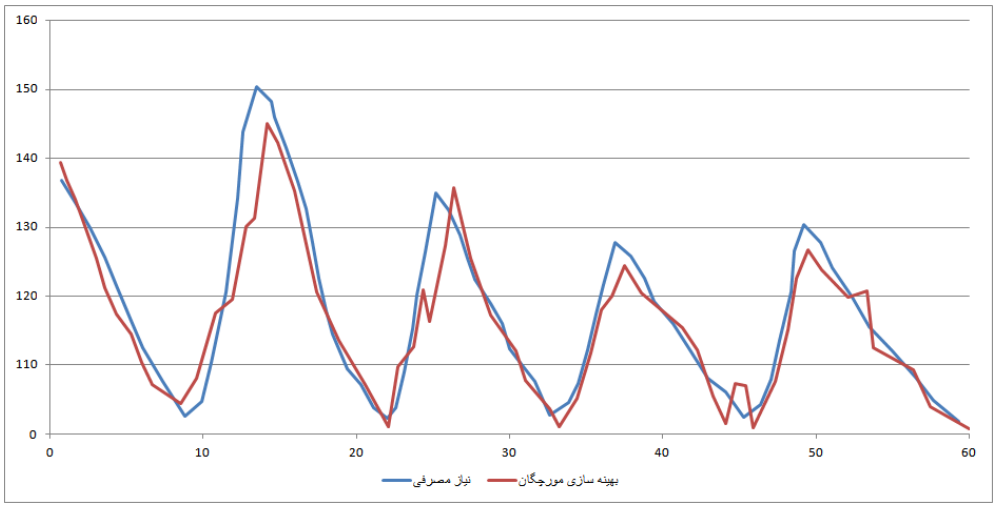
نتایج حاصل از حل مدل در یک دوره ۶۰ ماهه (۵ سال) از ابتدای دوره دراز مدت آبدهی ورودی به مخزن، نشان دهنده پیچیدگی مساله نسبت به مساله بهره‌برداری مخزن ساده بود. به این ترتیب که در هیچکدام از ۱۰ اجرای مختلف انجام شده جواب حاصل یک جواب شدنی نیست. همان‌طور که مشاهده می‌شود، الگوریتم استاندارد مورد استفاده در این مساله، از یک مشکل بزرگ که همان همگرایی سریع و زودرس است، رنج می‌برد بنابراین به منظور حصول جواب از این روش به راهکارهای جدیدی به منظور پیشرفت این الگوریتم و نحوه تاثیر آن بر همگرایی و مرغوبیت جواب‌های نهایی نیاز است. به دلیل ماهیت گسسته حرکت مورچه‌ها بر روی گراف تصمیم، در مسایل پیوسته نیاز به دسته بندی متغیرهای تصمیم است. حال اگر این گسسته سازی با تعداد دسته‌های کم صورت گیرد، جواب‌های حاصله نماینده خوبی از واقعیت نبوده و در صورتی که تعداد

دسته‌ها زیاد منظور گردد، جهت ایجاد همگرایی مناسب و جست‌وجوی فضای جواب‌ها، نیاز به تعداد تکرار بیشتری بوده که به تبع آن زمان اجرا را بسیار افزایش خواهد داد.

جدول۲: شخصات آماری نتایج بهره برداری مخزن با استفاده از الگوریتم‌های کلونی مورچه‌ها

تعداد اجراهای نرم‌افزار	الگوریتم ها		
	سیستم مورچه‌ها	سیستم مورچه‌ها با بهترین تکرار	سیستم مورچه‌ها با بهترین تا آن تکرار
میانگین	۳.۰۴۲	۲.۴۸۵	۱.۴۷۶
بهترین	۲.۸۵۲	۲.۴۱۱	۱.۵۱۰
بدترین	۳.۱۹۱	۲.۶۷۲	۱.۶۷۵
انحراف معیار	۰.۱۲۱	۰.۰۸۵	۰.۰۶۷
واریانس	۰.۰۴۰	۰.۰۳۵	۰.۰۳۴

حال می‌توان مقایسه مقادیر نیاز مصرفی در مقایسه با نتایج بهینه‌سازی کلونی مورچگان را به شکل نمودار برای مقایسه و تحلیل در نظر گرفت.



شکل۲: مقایسه مقادیر نیاز مصرفی(ملیون متر مکعب) در دوره۶۰ ماهه از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در مقایسه با نتایج بهینه سازی کلونی مورچگان

نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از آن است که استفاده از الگوریتم مدرن بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها در حل مسائل بهینه‌سازی سد نتایج خوبی از خود نشان داده است که با نتایج روش‌های الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی پویا نیز همخوانی و هماهنگی داشته و بعضاً از آن ها بهتر ظاهر شده است. با این وجود به منظور حصول جواب‌های بهینه می‌بایست روند حل را در فازهای مختلف حل مسئله مورد آزمون قرار داد و با استفاده از بهترین شرایط در مقایسه با سایر رویکردهای بهینه‌سازی مورچگان، سیستم حل مناسبی را انتخاب نمود تا جواب‌های مناسبی به دست آید. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره گردید، هدف از این پژوهش معرفی

الگوریتم جامعه مورچه‌ها در زمینه مسایل مهندسی آب، و تلاش برای انطباق این الگوریتم با مسئله بهینه‌سازی سد بوده است. هدف این پژوهش نفی سایر روش‌ها و تنها معرفی برتری های این الگوریتم نبوده است. بلکه سعی شده با ارائه این الگوریتم در محدوده مسایل مهندسی آب و نمایش کارایی مناسب آن در حل بسیاری از مسایل، گزینه‌ای قابل انتخاب برای تصمیم گیرنده ایجاد گردد.

منابع

Abbaspour, K.C., Schulin, R. and van Genuchten, M.T. (2001). Estimating unsaturated soil hydraulic parameters using ant colony optimization. Adv. Water Resource, 24(8), pp: 827-841.

Afshar, A., Masoumi, F. and Solis, S.S. (2015). Reliability Based Optimum Reservoir Design by Hybrid ACO-LP Algorithm. Water Resources Management, 29(6), pp: 2045–2058.

Dorigo, M. (1992). Optimization, learning and natural algorithms. Ph.D. Thesis, Politecnico di Milano, Milan, Italy.

Ehsani, N. and Afshar, A. (2010). Application of NA-ACO in Multiobjective Contaminant Sensor Network Design for Water Distribution Systems. Water Distribution Systems Analysis. Proceeding of the 12th Annual Conf. on Water Distribution Systems Analysis (WDSA), Tucson, Arizona, United States, September 12-15, 2010 |.

Hajizadeh, Y., Christie, M. and Demyanov, V. (2011). Ant colony optimization for history matching and uncertainty quantification of reservoir models. Journal of Petroleum Science and Engineering, 77(1), pp: 78-92.

Jalali, M.R., Afshar, A. and Marino, M.A. (2007). Multi-Colony ant algorithm for continuous multireservoir operation optimization problem. Water Resources Management, 21, pp: 1429-1447.

Kumar, D.N. and Reddy, M. J. (2006). Ant colony optimization for multi-purpose reservoir operation. Water Resources Management, 20(6), pp: 879-898.

Maier, H.R., Simpson, A.R., Zecchin, A.C., Foong, W.K., Phang, K.Y., Seah, H.Y. and Tan, C.L. (2003). Ant colony optimization for design of water distribution systems. Water Resour. Plng. and Mgmt, 129(3), pp: 200-209.

Moeini, R. and Afshar, M. H. (2013). Extension of the constrained ant colony optimization algorithms for the optimal operation of multi-reservoir systems. Hydroinformatics, 51, pp: 71-81.

Simpson, A.R., Maier, H.R., Foong, W.K., Phang, K.Y., Seah, H.Y. and Tan, C.L. (2001). Selection of parameters for ant colony optimization applied to the optimal design of water distribution systems. Proceeding of the Int. Congress on Modeling and Simulation, Canberra, Australia, pp: 1931-1936.

Zecchin, A.C., Maier, H.R., Simpson, A.R., Roberts, A., Berrisford, M.J. and Leonard, M. (2003). Max-Min ant system applied to water distribution system optimization. Proceeding of the International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc., Townsville, Australia, 2, pp:795-800.

Zecchin, A.C., Maier, H.R., Simpson, A.R., Leonard, M. and Nixon, J. B. (2007). Ant colony optimization applied to water distribution system design: Comparative study of five algorithms. Water Resources Planning and Management, 133(1), pp: 87-92.

Optimization of Karaj Dam reservoir using modern ant Colony algorithm

Hamid reza Azizi[*1], Saeed Azizi[2], Seyed Habib Mousavi Jahromi[3]

1)Phd Student, Department of Civil engineering-Water Resources Engineering and Management, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University,Tehran, Iran

2)Master graduate Department of Civil engineering-Water Resources Engineering and Management, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University,Tehran, Iran

3)Professor, Department of Civil engineering-Water Resources Engineering and Management, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University,Tehran, Iran

***Correspondence author:** aziza.hamidr@gmail.com

Received Date: 2019. 07. 11 **Accepted Date: 2021. 08. 11**

Abstract

The ant colony algorithm is inspired by studies and observations on ant colonies. Since ants' colony optimization methods are able to significantly reduce computational time and at the same time improve results, the present study aims to determine the optimal utilization of water engineering issues. , Karaj Dam reservoir was used to study and implement this algorithm. This study was conducted with the aim of optimizing water reservoirs, by case study of Karaj Dam by the ant colony optimization algorithm. Meteorology was prepared by the Meteorological Organization and the Regional Water Organization of Alborz Province for a period of 5 years from 2010 to 2015. After correcting and reconstructing the data, an algorithm was proposed to optimize the Karaj Dam reservoir. This process was then implemented and tested by MATLAB software. The results showed that the use of modern ant colony optimization algorithm in solving dam optimization problems showed good results, which was consistent with the results of genetic algorithm methods and dynamic programming. And sometimes it looks better than them. However, in order to obtain optimal solutions, the solution process should be tested in different phases of problem solving and using the best conditions compared to other ants optimization approaches, the appropriate solution system should be selected to answer Get the right ones.

Keywords: Algorithm, Optimization, Colony, Ants, Dam.