Archive of SID

مجله دانش آب و خاک / جلد 1 /20 شماره 4/ سال 1389

بهینه‌سازی بهره‌برداری از سد چند منظوره علویان با استفاده از الگوریتم جامعه مورچگان

مهرداد بنی‌بشر[1]، محمدتقی اعلمی[2] و حبیبه عباسی[3]

تاریخ دریافت: 89/1/16 تاریخ پذیرش: 89/4/20

1- کارشناس ارشد، مهندسی عمران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد
2- دانشیار،گروه مهندسی عمران آب، دانشگاه تبریز
3- کارشناس ارشد، مهندسی عمران آب، دانشگاه علم و صنعت ایران
* مسئول مکاتبه m.banibashar@yahoo.com

چکیده

از مسائل مهم بهینه‌سازی در زمینه مدیریت منابع آب، مساله بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها می‌باشد. در این خصوص روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی بکار گرفته شده‌است. با توجه به پیچیدگی‌های روش‌های بهینه‌سازی معمول، بکارگیری الگوریتمهای فراکاوشی مورد توجه قرارگرفته است. یکی از مهمترین این الگوریتم‌ها، الگوریتم جامعه مورچگان می‌باشد. در این تحقیق برای حل مساله بهره‌برداری بهینه از مخزن سد چند منظوره علویان واقع در حوضه صوفی‌چای مراغه، داده‌های 21 سال (بارندگی، دبی متوسط، نیاز شهری، نیاز آبیاری و رهاسازی سد) مورد بررسی قرارگرفت. در این الگوریتم به منظور بهبود همگرایی مدل، فرآیند ارتقاء فرامان انجام شد. بررسی نشان می‌دهد که سرریز از سد در مواقعی از سال اتفاق می‌افتد که ورودی مخزن بیشتر بوده و کل نیاز آبیاری تامین شده است. با توجه به گسسته بودن داده‌های ورودی به مخزن، مدل مجبور به انتخاب مقادیر ناپیوسته بوده و باعث شده تا مقادیر خروجی بهینه جهت تامین نیاز آبیاری در برخی موارد با مقدار نیاز کشاورزی اختلاف داشته و سرریز یا ذخیره‌سازی در مخزن انجام گیرد. این حالت نیز با کم کردن فواصل گسسته سازی قابل کاهش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم جامعه مورچگان، بهینه‌سازی، سد علویان، فراکاوشی

www.SID.ir

Archive of SID

Optimum Exploitation of Alavian Dam Reservoir Using Ant Colony Algorithm

M Banibashar[1*], MT Alami[2] and H Abbasi[3]

Received : 05 April 2010 Accepted : 11 July 2010
[1] MSc Student, Dept. of Water Eng; Islamic Univ., Mahabad Branch, Mahabad, Iran
[2] Assoc. Prof., Dept. of Water Eng; Univ. of Tabriz , Iran
[3] MSc Student, Dept. of Water Eng; Univ. of Science and Technology , Iran
* Corresponding author : E-mail: m.banibashar@yahoo.com

Abstract

One of the most important problem in water resources management is the optimum exploitation of dams reservoir. This task has been accomplished by various ways. Heuristic algorithms have been used for sometimes because of the old methods are difficult and expensive. One of the most important algorithm is ant colony algorithm. In this study for resolving the problem of optimization in reservoir system of the Alavian dam, located in the Soofi Chay basin in Maragheh used to 21 years data. The current study shows that the spillway inflow in the reservoir is more than and also to procure irrigation demand. So that reservoir is discrete model amounts to forced that to select the sample data that reason of balcony optimization amounts for irrigation demand and when have a few difference as compare with agriculture demand and storage in the reservoir with discrete distance.

Keyword: Alavian dam, Ant colony optimization, Exploitation, Heuristic algorithms

مقدمه

محدودیت منابع آب کشور که ناشی از تداوم افزایش تقاضا، در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت، شرب و زیست محیطی است، موجب شده تا استفاده بهینه از منابع آب موجود و افزایش بهره‌وری مطرح شود. بدیهی است که آب‌های استحصال شده فعلی و آب قابل استحصال بالقوه پاسخگوی روند توسعه کشاورزی و تامین مواد غذایی جمعیت روبه رشد جامعه نخواهد بود؛ لذا آنچه در این زمینه اهمیت می‌یابد مدیریت مصرف و بهره‌برداری بهینه همراه با مدیریت تقاضا می‌باشد تا توسعه پایدار در کلیه بخشهای اقتصادی را امکانپذیر سازد ابریشم چی و آشتیانی (1363). یکی از مهمترین مسائل بهینه‌سازی در زمینه مدیریت منابع آب، مساله بهره برداری بهینه از مخزن سدها می‌باشد. در چند دهه اخیر بهره برداری بهینه از سدها از موضوعات قابل توجه برنامه ریزان منابع آب در کشور بوده است. بسیاری از مسائل بهینه سازی مهندسی در جهان به طور طبیعی بسیار پیچیده و مشکل هستند و نمی‌توان آنها را با روش های بهینه-سازی معمول همانند مدل‌های بهینه سازی ریاضی حل

www.SID.ir

Archive of SID

نمود.در دهه‌های اخیر روش های تکاملی (فراکاوشی[1]) به عنوان یک ابزار جستجو و بهینه سازی در حوزه‌های مختلف، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. وسعت دامنه کاربرد، سهولت استفاده و قابلیت دستیابی جوابی نزدیک به بهینه مطلق، از جمله دلایل موفقیت این روش-ها می‌باشد. مثال‌هایی از کاربرد این روش در حل مسائل چند نمائی، مسائل چند هدفی مسائل فازی-عصبی و ژنتیک موجود می‌باشد. مدلسازی رفتار حشرات اجتماعی مانند مورچه و زنبور و استفاده از این مدل‌ها برای جستجو و حل مسائل، از زمینه‌های مورد بحث در زندگی حشرات گروهی می‌باشد.

الگوریتم جامعه مورچه‌ها، یک روش موفق بهینه‌سازی است که نشات گرفته از رفتار مورچه‌ها در یافتن غذا می‌باشد. وقتی مورچه‌ای به دنبال غذا می‌گردد، در طول مسیر حرکت خود ماده بوداری به نام فرامان[2] از خود به جای می‌گذارند، که سایر مورچه-هایی را که در جستجوی غذا هستند به عبور از آن مسیر تشویق می‌نماید. الگوریتم جامعه مورچه‌ها به عنوان یک الگوریتم بهینه‌سازی تکاملی، اولین بار توسط دوریگو و همکاران (1996) به عنوان یک روش چند جزئی برای حل مسائل مختلف بهینه‌سازی، مانند مساله فروشندگان دوره گرد و مسائل دیگر بکار رفته است.

الگوریتم جامعه مورچه‌ها در بهینه‌سازی مخازن سدها، توسط محققین فراوانی کار شده است که در این زمینه معینی و افشار (1385) مقاله‌ای با عنوان بهره‌برداری بهینه از مخزن سد با استفاده از الگوریتم مورچه بیشینه کمینه (MMAS)[3] را ارائه نمودند. نتایج نشان دهنده جواب مناسب همراه با هزینه محاسباتی مناسب بوده است. برهانی داریان و مرتضوی نائینی (1387) مقاله‌ای با عنوان مقایسه کاربرد روشهای کاوشی در بهره برداری بهینه از مخزن سد دز ارائه کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم ژنتیک نسبت به روشهای کاوشی جدید نظیر الگوریتم مورچه، عملکرد بهتری دارد. جلالی و همکاران (2006) تحقیقی با عنوان عملکرد منابع با الگوریتم های بهینه سازی جامعه مورچگان روی مخزن سد دز ارائه کردند. در این تحقیق بهینه‌سازی، مساله ممکن است با روش سری-های زمانی و طبقه بندی حجم مخزن در چندین مرحله و تصمیم‌گیری بر روی آزادسازی در هر دوره با رعایت اصول بهینه‌سازی همراه باشد. معینی و افشار (2008) تحقیقی با عنوان کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها برای عملکرد بهتر منابع و مطالعه سه طرح پیشنهادی روی منابع آب و مشکلات تابع عملکرد منابع هیدرولیکی در سد دز ارائه نمودند. هدف از این پژوهش، بهینه‌سازی رهاسازی سد مخزنی چند منظوره علویان با استفاده از الگوریتم جامعه مورچگان می-باشد.

مواد و روش‌ها

بهینه‌سازی با الگوریتم جامعه مورچگان

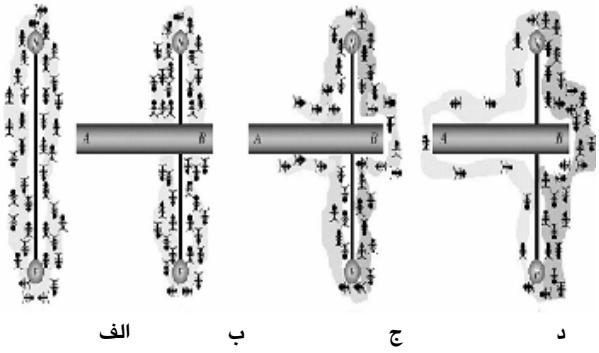
یکی از جدیدترین روشهای فراکاوشی روش بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها (ACO)[4] می‌باشد. در سال‌های اخیر، محققان دریافته‌اند که مورچه‌ها گرچه تقریبا به طور کامل نابینا هستند، می‌توانند به طور موفقیت‌آمیز خود را بین لانه و منابع غذایی هدایت کنند و طی این فرایند کوتاهترین راه را کشف کنند. بدین صورت که کلورنی و همکاران (1994) پس از انجام بررسی‌های متعدد نشان دادند که مورچه‌ها مسیر بین غذا و لانه خود را، در ابتدا به صورت کاملا تصادفی انتخاب می‌کنند، کم کم پس از طی چندین دوره رفت و برگشت بین غذا و لانه و افزایش اثر برجای مانده در مسیر کوتاهتر، در نهایت همگی در کوتاهترین مسیر حرکت می‌کنند.

در شکل 1، این مطلب به طرز نمادین نشان داده شده است. ابتدا مورچه‌ها در مسیر بین لانه و منبع غذا در حال آمد و شد هستند. با قرار دادن یک مانع مصنوعی در مسیر، عملا دو مسیر از سمت چپ(A) و راست(B)

[1] Meta heuristic
[2] Pheromone
[3] Max-min ant system
[4] Ant colony optimization

www.SID.ir

Archive of SID



شکل1- مثال نمادین الگوریتم جامعه مورچگان

مانع باقی می‌ماند که مسیر سمت راست کوتاهتر است. با ایجاد مانع، مورچه‌ها با احتمال برابر یکی از مسیرهای چپ و یا راست را انتخاب می‌کنند. پس از گذشت مدت زمانی احتمال انتخاب مسیر کوتاه تر افزایش می‌یابد و تعداد مورچه‌هایی که از مسیر کوتاه عبور می‌کنند، بیشتر می‌شود و در نهایت با چندین دور رفت و برگشت تمام مورچه‌ها، مسیر کوتاهتر(B) را انتخاب می کنند. بنابراین مقدار فرامان بیشتری در این مسیر باقی می ماند که باعث جذب بیشتر مورچه‌ها به این مسیر می‌شود و بعد از مدتی عملا تنها این مسیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (دوریکو و همکاران 1996).

وقتی مورچه‌ای به دنبال غذا می‌گردد، فرامان از خود به جا می‌گذارد تا سایر مورچه‌ها را که در جستجوی غذا هستند تشویق به عبور از آن مسیر نماید. این فرآیند اصلاح محیط جهت تشویق تغییر در رفتار برای ایجاد ارتباط، استیگمرجی[1] نامیده می‌شود. یک مورچه تنها، که به صورت انفرادی حرکت می‌کند، ممکن است فرامانهای مورچه‌های قبلی را حس کند و اگر آنرا دنبال کند فرامانهای اضافی و بیشتری را در طول راه بر جای می گذارد. تقویت کردن غلظت فرامانها در یک مسیر سبب افزایش احتمال کشیده شدن مورچه‌ها به سوی آن مسیر می‌گردد.

الگوریتم‌های ACO از رفتار جامعه مورچه‌ها الهام گرفته شده‌است اساس الگوریتم‌های ACO همکاری و مشارکت عوامل محاسباتی (مورچه‌ها) و ارتباط آنها از طریق اثر فرامان مصنوعی (استیگمرجی) است.

در الگوریتم‌های ACO حرکت مورچه از یک گره به گره دیگر بر اساس یک قاعده انتقال است که اطلاعات محلی را در اختیار آنها قرار می‌دهد. این اطلاعات شامل اطلاعات کاوشی و اثر فرامان است. بعلاوه عملکرد جامعه مورچه‌ها شامل دو عمل تبخیر فرامان و قابلیت‌های اضافی برای مورچه‌های مصنوعی می‌باشد. مشخص کردن کیفیت جوابها، اضافه کردن فرامان بعضی از مسیرها (زمان و مکان گذاشتن فرامان) و اعمال روش جستجوی محلی برای جواب‌های تولیدمثل شده قبل از بهنگام کردن اثر فرامان نمونه‌هایی از این قابلیت‌ها، هستند.

رویه اصلی الگوریتم ACO بوسیله فعالیتهای برنامه ریزی شده‌ای مدیریت می‌شود که شامل "تولید- مثل و عمل مورچه‌های مصنوعی - تبخیر المان - عمل قابلیتهای اضافی" می‌باشد. همانطوری که گفته شد بعضی از مولفه‌ها، تابعی از الگوریتم استفاده شده ACO هستند. روابط بین ACO شامل گروه وسیعی از الگوریتم‌هایی با شکل‌های مختلف می باشد که نتیجه تعامل پیچیده سه فرایند فوق در عملیات برنامه‌ریزی شده‌است.

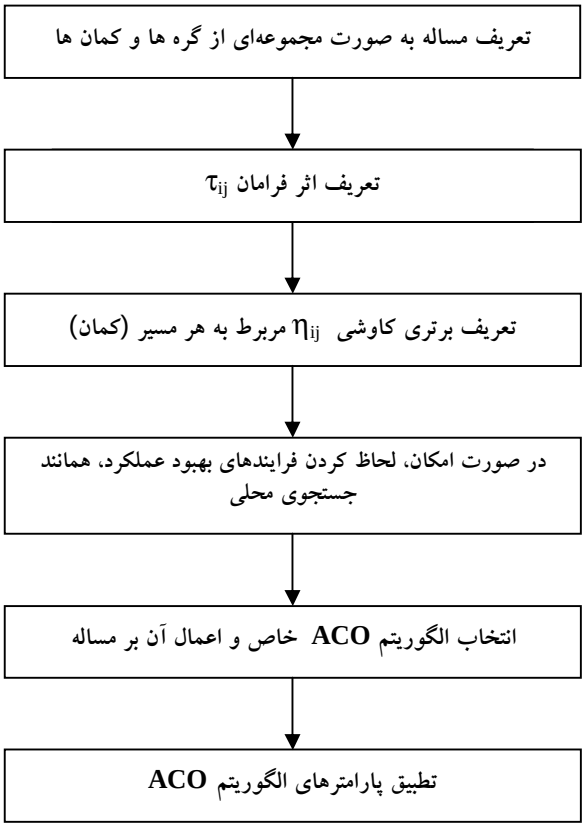
براساس روش بهینه سازی جامعه مورچه‌ها، اجتماعی از مورچه‌های مصنوعی برای یافتن جواب مناسب مسائل مشکل بهینه‌سازی گسسته با همدیگر همکاری و همیاری دارند. در واقع روش بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها می‌خواهد یک روش مهندسی برای طراحی و پیاده سازی بسته‌های نرم افزاری برای حل مسائل مشکل بهینه‌سازی گسسته باشد. بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که به مورچه‌های مصنوعی بعضی قابلیت‌های اضافی داده شود تا آنها را موثرتر و کارآمدتر کند. در الگوریتم ACO هر مورچه یک جواب و یا قسمتی از آن را ایجاد می‌کند، سپس اطلاعات مربوط به ویژگیهای مساله و محصول خود را برای استفاده سایر مورچه‌ها ارائه می‌کند.

1 Stigmergy

www.SID.ir

Archive of SID

مراحل حل یک مساله بوسیله الگوریتم‌های ACO در شکل 2، نشان داده شده است.



شکل2- الگوریتم حل یک مساله با ACO

حافظه مورچه، اطلاعاتی درباره گذشته مورچه را ذخیره می‌کند که می‌تواند برای دستیابی به اطلاعات مفیدی جهت محاسبه مقدار (کیفیت جوابهای تولیدی) و یا حرکتهای انجام شده مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر آن می‌تواند نقش کلیدی در مدیریت عملی بودن جوابها بازی کند چرا که در بعضی از مسائل حرکت-هایی از مورچه‌ها می‌تواند باعث ایجاد حالات ناممکن و غیرعملی گردد که با استفاده از حافظه مورچه می‌توان از آن جلوگیری کرد.

الگوریتم‌های متعدد ACO شامل انواع مختلف می‌باشد که می‌توان به سیستم مورچه (AS[1]) و سیستم جامعه مورچه (ACS[2]) اشاره نمود.

در AS جهت یافتن یک جواب مناسب و نیز حفظ شباهت با فرآیند جستجوی غذا در مورچه‌های واقعی، در الگوریتم جامعه مورچگان از فرامان مصنوعی τ که جزء اعداد حقیقی می‌باشد، استفاده می‌شود، که به گزینه های قابل انتخاب توسط مورچه مصنوعی در ساخت جواب، تخصیص داده می شود. τ_{ij} مقدار فرامان مسیر i,j می‌باشد.

ابتدا میزان فرامان با فاکتور ثابتی کاهش می‌یابد:

$$(1-\rho)\ \tau_{ij} \rightarrow \tau_{ij} \qquad [1]$$

که در آن $\rho \in (0,1)$ نرخ تبخیر می باشد.

بعد از آن هر مورچه با توجه به کیفیت جواب خود مقداری فرامان در مسیر خود بجای می‌گذارد.

$$\tau_{ij} + \rho \Delta \tau_{ij}^{k} \rightarrow \tau_{ij} \qquad \forall a_{ij} \in S_k \qquad [2]$$

$C(S_k)$ کیفیت جواب یافت شده می‌باشد.

$\Delta \tau_{ij}^{k}$ میزان فرامان گذاشته شده در مسیر ij که به کیفیت جواب مورچه k بستگی دارد. در هر گام مورچه k حرکت بعدی خود را با احتمال زیر انتخاب خواهد کرد.

$$P_{ij}^{k} = \begin{cases} \dfrac{(\tau_{ij})^{\alpha}(\eta_j)^{\beta}}{\sum_{u \in N_k(i)} (\tau_{ij})^{\alpha}(\eta_j)^{\beta}} & \text{if } s \in N_k(r) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \qquad [3]$$

که در آن P_{ij}^{k} احتمال اینکه مورچه k واقع در گره i ، گره j را انتخاب بکند، $N_k(i)$ مجموعه گره‌هایی که

[1] Ant system
[2] Ant colony system

www.SID.ir

Archive of SID

مورچه k با توجه به محدودیت‌های مساله می‌تواند آنها را انتخاب بکند.

α,β پارامترهایی قابل تنظیمی هستند که اهمیت نسبی (وزن) اثر فرامان (τ_{ij}) و اطلاعات کاوشی (η_{ij})را نشان می‌دهد. اگر $\alpha=0$ باشد گرههایی با برتری تجربی بهتر η_{ij} احتمال بالایی برای انتخاب دارند. اگر $\alpha=0$ باشد، نزدیکترین نقاط انتخاب می‌شوند و اگر $\beta=0$ باشد، فقط اثر فرامان در انتخاب جواب موثر خواهد بود که می‌تواند باعث همگرایی سریع شود. میزان فرامان در مسیرهای انتخاب شده ممکن است باعث عدم انتخاب سایر مسیرها توسط مورچه‌ها شود.

برای بهبود عملکرد AS فرایند «قهرمانگرایی[1]» پیشنهاد شد که در آن زمانی که مورچه‌ها روی مسیرهای خود فرامان می‌گذارند، روی مسیرهای مربوط به بهترین جواب یافت شده تا آن لحظه نیز، فرامان اضافی گذاشته می‌شود داریان و مرادی (2008).

$$\tau_{ij}+e.f(C(S_{global\text{-}best})) \rightarrow \tau_{ij} \quad \forall a_{ij}\in S_{global\text{-}best} \qquad [4]$$

میزان این فرامان بستگی به کیفیت بهترین جواب$C(S_{global\text{-}best})$ و تعداد مورچه‌های قهرمان e دارد.

در الگوریتم ACS که توسط دوریگو وگامباردلا (1997) برای کاربردی کردن روش AS معرفی گردید. اساس الگوریتم ACS مشابه روش AS می‌باشد. سیستم جامعه مورچه از سه تغییر عمده در AS بدست می‌آید.

الف) ACS از قاعده انتقال متفاوتی که قاعده شبه تصادفی نسبی[2] نامیده می‌شود استفاده می‌کند. در این روش مورچه k واقع در گره i حرکت بعدی خود را مطابق توزیع احتمالاتی زیر به صورت تصادفی انتخاب می کند.

پارامتر q_0 مشخص می‌کند که آیا مسیری که دارای تابع احتمال بیشتری است انتخاب می‌شود و یا اینکه تابع احتمال، صرفا مشخص کننده احتمال انتخاب بوده و ممکن است مسیری با احتمال کمتر نیز با توجه به حرکت تصادفی مورچه‌ها انتخاب شود.

اگر $q \le q_0$:

$$P_{ij}^k=\begin{cases}1 & \text{if } j=\arg\max_{u\in N_k(i)}(\tau_{ij})^{\alpha}(\eta_{ij})^{\beta} \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases} \qquad [5]$$

اگر $q > q_0$:

$$P_{ij}^k=\begin{cases}\dfrac{(\tau_{ij})^{\alpha}(\eta_{ij})^{\beta}}{\sum_{u\in N_k(i)}(\tau_{ij})^{\alpha}(\eta_{ij})^{\beta}} & \text{if } j\in N_k(i) \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases} \qquad [6]$$

که در آن q_0 پارامتر مقدار اولیه تصادفی و q مقدار تصادفی بین [0,1] است. اگر $q\le q_0$ باشد، از اطلاعات در دسترس استفاده می‌شود، که در آن بهترین گزینه با توجه به اطلاعات فرامان و اطلاعات کاوشی انتخاب می‌شود. اگر $q_0 < q$ همانند AS عمل خواهد کرد. به عبارت دیگر q_0 تعاملی بین جستجوی گره های جدید و استفاده از اطلاعات در دسترس در هر لحظه برقرار می‌کند.

ب) در ACS تنها مورچه‌ای که که دارای بهترین جواب است عمل بهنگام‌سازی نهایی[3] فرامان را انجام-

[1] Elitist strategy

[2] Pseudo- random- proportional rule

[1] Global- updating

www.SID.ir

Archive of SID

می‌دهد. این مورچه می‌تواند «بهترین هر تکرار[1]» یا «بهترین در کل[2]» باشد دوریکو و گامباردلا (1997).

$$(1-\rho)\tau_{ij}+\rho.f(C(S_{global\text{-}best}))\rightarrow\tau \quad \forall a_{ij}\in S_{global\text{-}best} \qquad [7]$$

قبل از بهنگام‌سازی فرایند جستجوی محلی برای بهبود کیفیت جواب‌ها اعمال می‌شود.

ج) مورچه‌های مصنوعی بهنگام‌سازی محلی[3] را به منظور تولید جواب‌های متفاوت اعمال می‌کند.

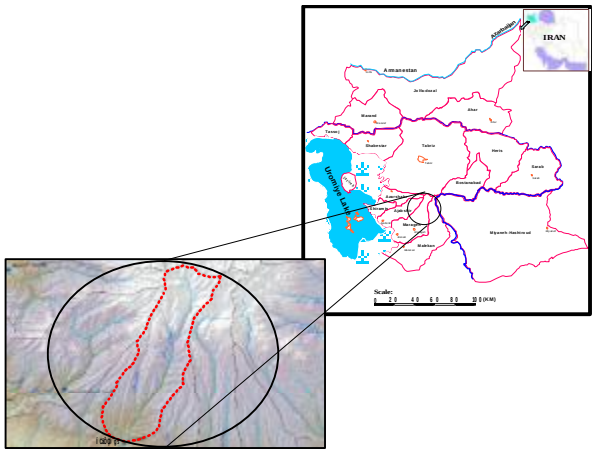
$$(1-\varphi)\tau_{ij}+\varphi\Delta\tau_{ij}\rightarrow\tau_{ij} \qquad [8]$$

φ پارامتری بین صفر و یک می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

سد علویان روی رودخانه صوفی چای در 3/5 کیلومتری شمال غربی شهر مراغه در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. رودخانه صوفی‌چای که از ارتفاعات سهند سرچشمه می‌گیرد و در حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار دارد، پس از عبور از غرب شهر مراغه و جنوب شهر بناب به دریاچه ارومیه می‌ریزد (شکل3). هدف از احداث سد علویان جمع آوری و کنترل جریانهای سطحی رودخانه صوفی‌چای جهت تامین آب شرب شهر مراغه و پادگان نظامی، جبران قسمتی از کمبود نیازهای آبیاری و کشاورزی دشت مراغه و باغات اطراف آن و همچنین تولید انرژی برقابی می‌باشد.

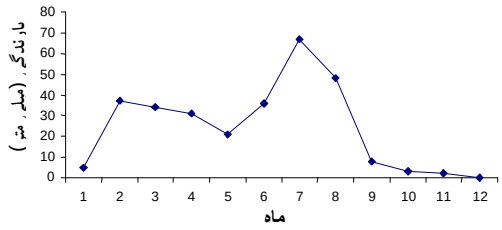
سد علویان از نوع خاکی با هسته رسی مرکزی بوده و ارتفاع آن از سنگ بستر 80 متر، ارتفاع آن از پی 76 متر و ارتفاع از کف 70 متر می باشد. طول تاج سد 935 متر، عرض 10 متر و عرض در پی 410 متربوده و حجم کل بدنه سد 4/8 میلیون متر مکعب می‌باشد.



شکل3- حوضه صوفی چای

رقوم تراز سرریز 1568 متر از سطح دریا، تراز تاج سد 1572 متر از سطح دریا، تراز نرمال آب مخزن 1568 متر از سطح دریا و حداکثر تراز ممکن سطح آب در مخزن 1572/65 متر از سطح دریا می باشد. حجم مخزن در تراز نرمال $60\ x10^6$، حجم مفید $57x10^6$، حجم مرده $3\ x10^6$ مترمکعب و حجم آب تنظیم شده در حدود $123\ x10^6$ مترمکعب در سال می‌باشد. سطح زیر کشت سد 13900 هکتار است.

در نمودارهای زیر آمار داده‌های مختلف سد علویان (میانگین ماهانه در طول 21 سال) به صورت تفکیک شده ارائه شده است.



شکل4- متوسط بارندگی ماهانه سد علویان

[2] Iteration best
[3] Global best
[4] Local- updating

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور پیاده سازی و اجرای الگوریتم ACO در بهره برداری بهینه از مخزن سد برنامه کامپیوتری در محیط Mathematica نوشته شد.

در این تحقیق، بهره برداری از مخزن سد، با توجه به تابع هدف و قیود به صورت زیر تعریف شده است:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{12} IR_{i,j} \qquad [9]$$

Subject to:

$$ST_{i,j+1}=ST_{i,j} + I_{i,j} + PP_{i,j} - IR_{i,j} - DR_{i,j} - SP_{i,j}$$

$$ST_{i,j} \le K_a + K_d \qquad [10]$$

$$ST_{i,j} \ge K_d$$

$$IR_{i,j} \le DE_{i,j}$$

که در آن I تعداد کل سال و i شماره ماه است.

$ST_{i,j}$: میزان ذخیره مخزن در سال iام و ماه jام

$I_{i,j}$: میزان جریان ورودی به مخزن در سال iام و ماه jام

$PP_{i,j}$: میزان بارندگی بر روی سطح مخزن در سال iام و ماه jام

$EV_{i,j}$: میزان تبخیر از سطح مخزن در سال iام و ماه jام

$IR_{i,j}$: میزان نیاز کشاورزی در سال iام و ماه jام

$DR_{i,j}$: میزان نیاز شهری ماهانه

$SP_{i,j}$: میزان جریان از سرریز در سال iام و ماه jام

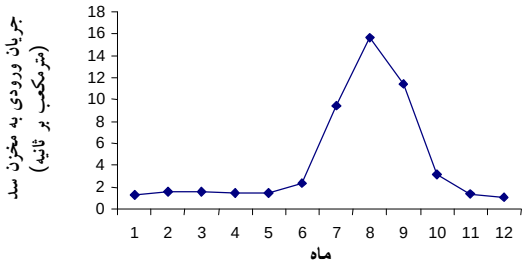
$DE_{i,j}$: میزان تقاضای آبیاری ماه i ام و ماه jام

I و DR و DE ورودیهای مدل می‌باشند.

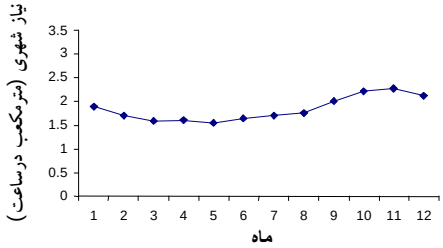
میزان تبخیر از سطح مخزن و همچنین میزان بارش به سطح مخزن نیز در مدل برای محاسبه میزان ذخیره مخزن، در هر ماه لحاظ شده است.

$$EV_{i,j}= e_j \times Area_{i,j} \qquad [11]$$

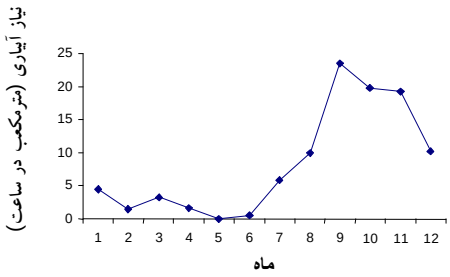
$$PP_{i,j}= P_j \times Area_{i,j} \qquad [12]$$



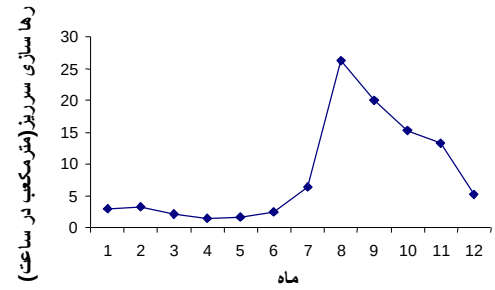
شکل5- دبی متوسط ورودی به سد



شکل6- نیاز شهری از سد علویان



شکل7- نیاز آبیاری از سد علویان



شکل8- متوسط میزان حجم رها شده از سد علویان

بحث و نتیجه گیری

www.SID.ir

Archive of SID

$$Area_{i,j}= A_0 + a\ STmean_{i,j} \quad [13]$$

$$STmean_{i,j}= [2ST_{i,j} +1]/2 \quad [14]$$

که در آن e_j و P_j به ترتیب میزان تبخیر از سطح مخزن و بارش به سطح مخزن در ماه jام می‌باشد.

$Area_{i,j}$ سطح مخزن در سال i و ماه j ام است که به میانگین حجم مخزن، در سال i ام و ماه j و j+1 بستگی دارد.

A_0 و a ضرایب تبدیل حجم مخزن به سطح مخزن می‌باشند.

برای کاربرد الگوریتم‌های ACO در مساله بهره-برداری بهینه از مخزن سد، بایستی مراحل زیر را انجام داد.

ابتدا لازم است مساله را به صورت یک گراف با ساختاری مشابه که توسط مورچه‌ها پوشش داده شده، تعریف کرد. در این مساله، هدف رهاسازی مقدار جریان آب برای تامین نیاز کشاورزی می‌باشد و در ضمن نیاز شهری باید به طور کامل توسط مدل تامین گردد. بدین منظور حجم مخزن را می توان به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفت. دامنه تغییرات حجم مخزن، به دسته‌های مختلف تقسیم می‌شود. می‌توان در طول دوره‌های مختلف، مسیرهایی را تعریف نمود تا مورچه-ها، بتوانند بر روی این مسیرها حرکت نمایند. در این شرایط ، در هر بازه زمانی، حجم ابتدا و انتهای بازه، جهت تصمیم‌گیری مورچه‌ها بسیار مهم می‌باشد. در هر بازه زمانی (هر مرحله تصمیم گیری i) حرکت از حجم ابتدای بازه (دسته i ام)، به حجم انتهای بازه، به عنوان یک مسیر در گراف تعیین می‌شود. بنابراین مسیرهای گراف در هر مرحله تصمیم‌گیری تعریف می‌گردد.

گام بعدی تعریف میزان فرامان، به هر یک از مسیرها است. در این حالت، فرامان به صورت τ_{ij} که عبارتست از میزان فرامان موجود در انتخاب رهاسازی دسته j در دوره i می‌باشد. در این مساله میزان فرامان اولیه مسیرها، برابر با واحد انتخاب شده است.

مرحله بعد تعریف مقدار کاوشی برای مسیرهای تعریف شده می‌باشد. در این مساله که هدف بیشینه کردن تعداد خروجی مخزن برای تامین نیاز کشاورزی می‌باشد، مقدار آن به صورت زیر تعریف شده است.

$$\eta_{ij} = \frac{IR_{i,j}}{1+ DE_{i,j}} \quad [15]$$

همانطوری که قبلا اشاره گردید میزان فرامان اولیه کلیه مسیرها برابر یک منظور شده است.به بیانی دیگر در شروع الگوریتم، کلیه مسیرها برای کلیه مورچه‌ها اولویت یکسانی خواهند داشت. و این همسانی با منظور کردن فرامان یکسان در کلیه مسیرها عملی می‌شود. مقدار فرامان گذاشته شده بعد از تولید جوابها به کیفیت جواب تولید شده بستگی دارد.

$$\Delta t_{i,j} = \frac{Q}{\Sigma R_{i,j}} \quad [16]$$

$\Delta\tau_{i,j}$: فرامان اضافه شده در مسیر i و j

Q : ضریب تقویت فرامان

$\Sigma R_{i,j}$: میزان آب آزاد شده به منظور تامین نیاز کشاورزی

الگوریتم‌های ACO بکار رفته برای مساله بهره‌برداری بهینه از مخزن، سیستم جامعه مورچه‌های بهترین هر تکرار[1] (ACO_{ib}) و سیستم جامعه مورچه-های بهترین در کل (ACO_{gb}) می‌باشد.

مدل تهیه شده برای بهینه‌سازی سد علویان استفاده شده است. مقادیر جریان ورودی مخزن برای طول دوره آماری 21 سال استفاده شده است. همچنین مقادیر نیاز شهری ماهانه، مقادیر نیاز کشاورزی ماهانه، مقادیر تبخیر و بارش و جریان ورودی به عنوان اطلاعات ورودی به مدل معرفی شده‌اند.

میزان A_0 و a برای تبدیل حجم ذخیره مخزن به سطح نیز برابر 0/2334- و 0/4584 می‌باشد.

سد مخزنی علویان دارای ذخیره حداکثر 60 میلیون مترمکعب و ذخیره حداقل 3 میلیون مترمکعب می‌باشد. بنابراین مقادیر حجم مخزن به 58 کلاس به فواصل یک میلیون مترمکعب تقسیم شده است. مقادیر پارامترهای

[1] Iteration best

www.SID.ir

Archive of SID

مدل که تحلیل حساسیت برای آنها انجام گرفته شده است، در جدول زیر ارائه شده است.

جدول1- مقادیر اولیه پنج پارامتر تعریف شده

τ_0	ρ	φ	q_0	β	α
1	0/1	0/9	0/5	2	1

در جدول فوق α پارامتر اهمیت نسبی اثر فرامان، β پارامتر اهمیت نسبی اطلاعات کاوشی، ρ پارامتر کاهش میزان فرامان، q_0 مقدار تصادفی اولیه، τ_0 میزان فرامان اولیه می‌باشد که مقادیر بالا به صورت اولیه تعریف شده‌اند.

در این مدل به منظور بهبود همگرایی مدل فرآیند ارتقاء فرامان انجام گرفته شده است. تبخیر و گذاشتن فرامان در روی مسیر متعلق به بهترین جواب بدست آمده ممکن باعث همگرایی زودرس و افتادن در نقاط بهینه موضعی شود. در این صورت در چند تکرار بعدی، بهبودی در جواب بوجود نیامده و مدل به یک جواب نابالغ همگرا می‌شود. حال اگر جواب بهتری بدست آید، مورچگان تمایلی به انتخاب این مسیر، به خاطر میزان کم فرامان، نخواهند داشت. بنابراین باید میزان فرامان آن مسیر تا سطح فرامان بهترین جواب بهینه قبلی افزایش داده شود.

اطلاعات سد مخزنی علویان شامل جریان ورودی به مخزن، مقدار بارش، تبخیر ماهانه و یکسری مشخصات سد آبیاری علویان می‌باشند.

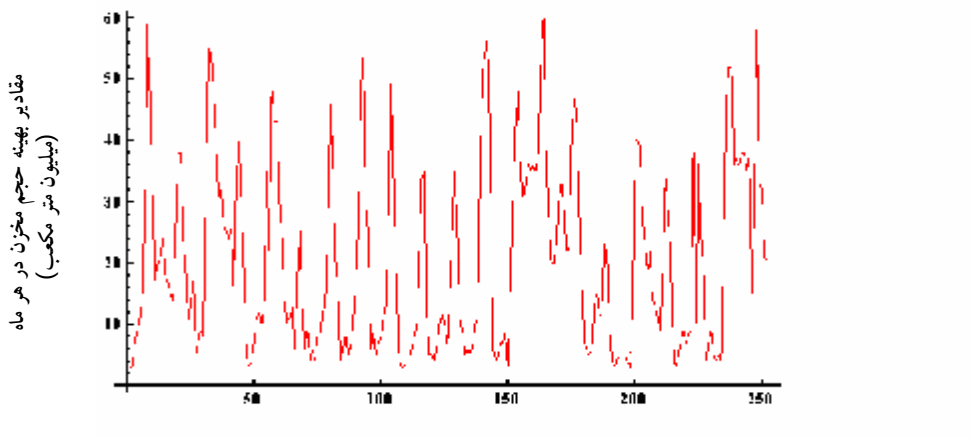
مدل با تعداد 100 عدد مورچه به تعداد 100 تکرار اجرا شده است. بر این اساس میزان تابع هدف که مجموع جریان خروجی جهت تامین نیاز آبیاری می‌باشد معادل $1/72x10^3$ میلیون مترمکعب برآورد شده است. میزان آب سرریز شده در طول 21 سال معادل 216 میلیون مترمکعب و میزان بارش روی سطح مخزن32 میلیون مترمکعب و همچنین میزان تبخیر از سطح مخزن معادل 487/8 میلیون مترمکعب، بهینه شده است.

اشکال 9 و10 تغییرات بهینه خروجی مخزن، جهت برآورد نیاز آبیاری در هر ماه و میزان بهینه ذخیره مخزن در هر ماه را نشان می‌دهد.

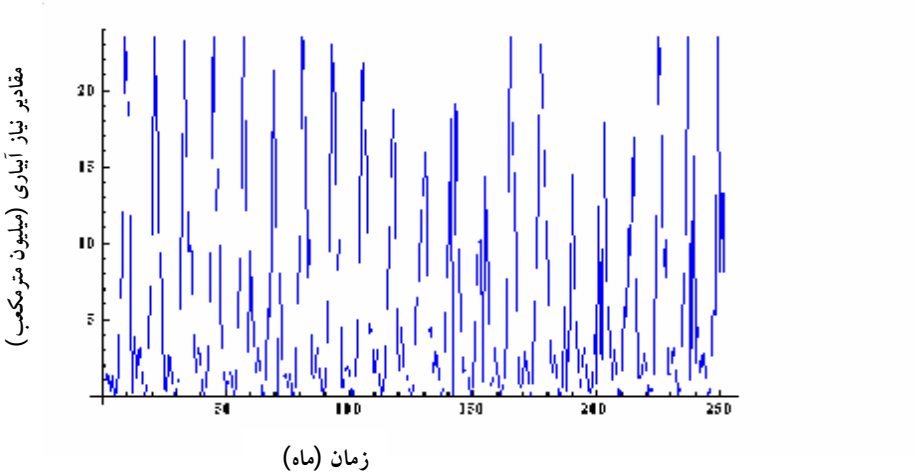
نتایج نشان می‌دهد که 80 ماه از کل 252 ماه در طول 21 سال یعنی در31% از مواقع میزان نیاز آبیاری به طور کامل تامین شده است. و در 73% از مواقع آب مورد نیاز آبیاری در حدود 80% تامین شده است. در کل 18% میزان نیاز آبیاری تامین نشده است. میزان خروجی از سرریز نیز در حدود 216 میلیون مترمکعب می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سرریز در مواقعی از سال که ورودی مخزن بیشتر است و همچنین کل نیاز آبیاری تامین شده اتفاق افتاده است. از طرفی با توجه به پیوسته نبودن مقادیر مخزن، مدل مجبور به انتخاب مقادیر ناپیوسته بوده که باعث می شود تا مقادیر خروجی بهینه جهت تامین نیاز آبیاری در مواقعی با مقدار نیاز کشاورزی اختلاف داشته و سرریزی یا ذخیره سازی در مخزن انجام گیرد. این حالت نیز با کم کردن فواصل گسسته سازی می‌تواند تقلیل یابد.

www.SID.ir

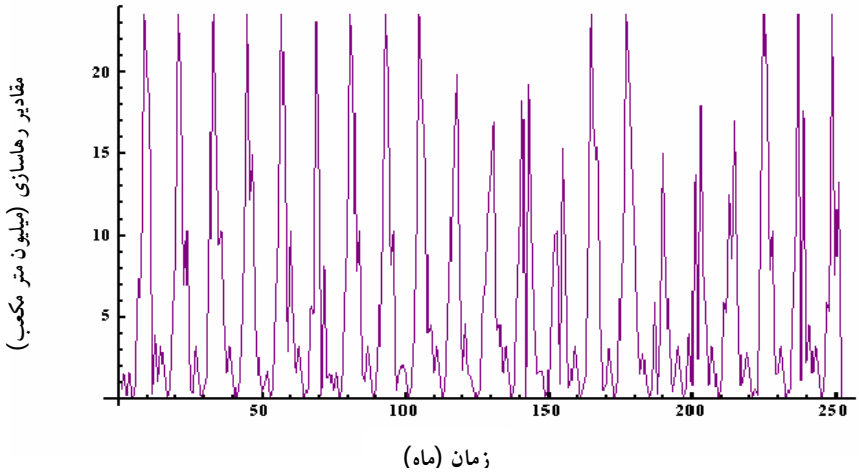
Archive of SID



شکل9- مقادیر بهینه حجم ذخیره مخزن در هر ماه



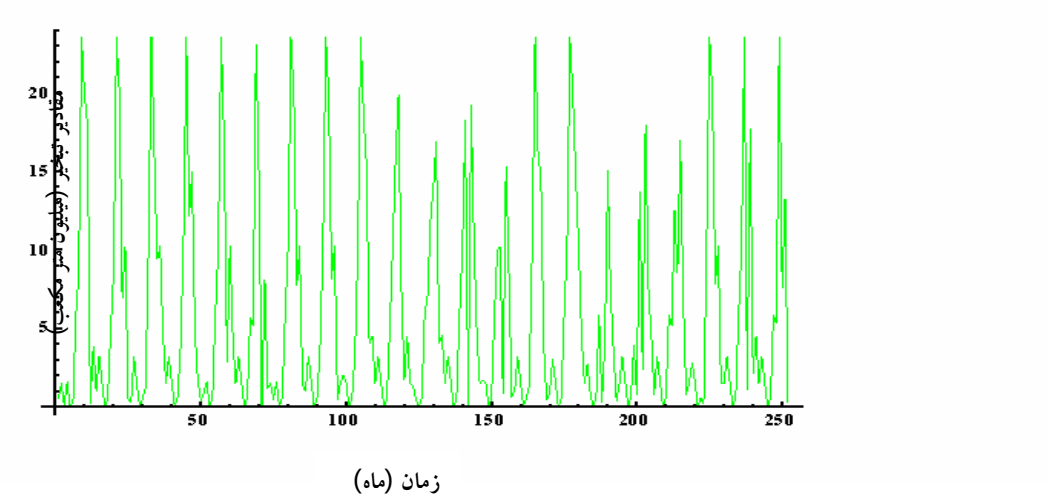
شکل10- مقادیر بهینه آب رها شده از مخزن برای برآورد نیاز آبیاری



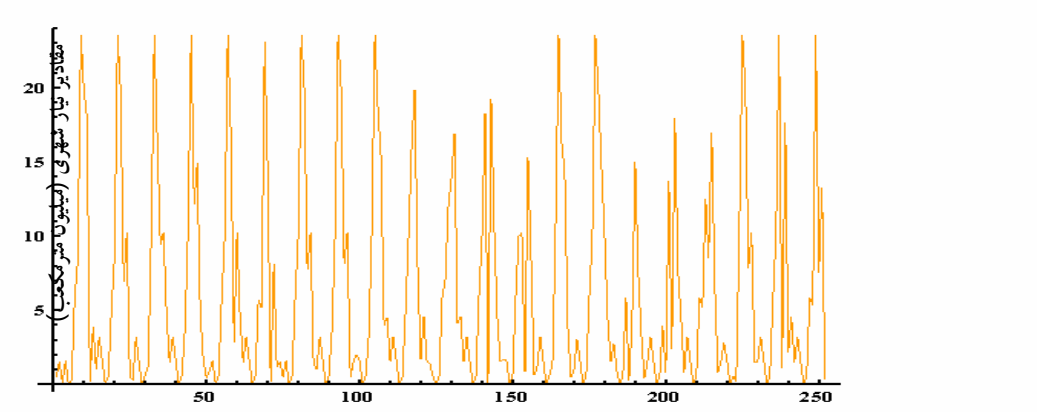
شکل11- مقادیر بهینه آب رها شده از مخزن برای برآورد آزادسازی از سد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل12- مقادیر بهینه آب رها شده از مخزن برای برآورد تبخیر و تعرق



شکل13- مقادیر بهینه آب رها شده از مخزن برای برآورد نیاز شهری

در این تحقیق، برای بهره برداری بهینه از سد مخزنی علویان، از الگوریتمی بر مبنای رفتار مورچه‌ها، استفاده شده است. با توجه به توضیحات ارائه شده، می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم سیستم جامعه مورچه‌ها برای بهره برداری بهینه از مخازن سدها مناسب است. با توجه به ویژگی گسسته بودن محیط الگوریتم جامعه مورچه‌ها (مورچه‌ها به صورت گسسته حرکت می‌کنند.) طرح حاصل نمی‌تواند بهینه کلی باشد.

با توجه به یافته‌های خرد و کلان مطالعات انجام شده، برای ادامه مطالعات و تحقیقات در زمینه کاربرد لگوریتم جامعه مورچگان در هیدروسیستم‌ها[1] می‌توان چند پیشنهاد ارائه داد.

- توسعه الگوریتم‌های بهینه‌سازی جامعه مورچگان به منظور بهبود عملکرد مدل در محیطهای پیوسته و نزدیک شدن به جواب بهنیه مطلق.

1 Hydrosystem

www.SID.ir

Archive of SID

- منظور کردن عدم قطعیت آبدهی ورودی به مخزن.
- استفاده از سایر روشهای تکاملی نظیر الگوریتم ژنتیک یا الگوریتم تولید مثل زنبور عسل.
- پیش‌بینی جریان رودخانه با روش عصبی مصنوعی و سپس تخمین مقادیر بهینه توسط الگوریتم جامعه مورچگان.

منابع مورد استفاده

ابریشم چی ا و آشتیانی ه، 1363. "برنامه ریزی، طرح و بهره برداری سد"، مجله استقلال، شماره 3، ص ص 31-45.

برهانی داریان ع و مرتضوی نائینی س‌م، 1387. "مقایسه کاربرد روشهای کاوشی در بهره برداری بهینه از منابع آب" مجموعه مقالات آب و فاضلاب شماره 68، ص ص 57- 66.

معینی ر و افشار مه، 1385. "بهره برداری بهینه از مخزن سد با استفاده از الگوریتم مورچه بیشینه کمینه (MMAS)".دومین کنفرانس مدیریت منابع آب – اصفهان.

Colorni A, Dorigo M, Maniezzo V and Trubian M, 1994. ‘‘Ant system for job shopscheduling". Bulgain journal of operations research, statistics and computer science (JORBEL) 34: 39-53.

Dariane, AB and Moradi AM, 2008. Reservoir operating by ant colony optimization for continuous domains (ACOR), case study: Dez reservoir. World Academy of Science, Engineering and Technology 43.

Dorigo, M Maniezzo V and Colorni A, 1996. "The ant system: optimization by a colony of coopering ants". IEEE Trans Syst Man Cybern 26: 29-42.

Dorigo M, and Gambardella L M, 1997. "Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem". IEEE Transactions on Evolutionary Computation 1(1): 53-66.

Jalali, MR Afshar A and Marioňo MA, 2006. Improved ant colony optimization algorithm for reservoir operation. Sharif University of Technology, Scientia Iranica, 13(3): 295-302.

Moeini R and Afshar MH, 2008. Application of an ant colony optimization algorithm for optimal operation of reservoir. A comparative study of three proposed formulations. Sharif University of Technology. Transation A: Civil Engineering 16(4): 273-285.

www.SID.ir