



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

زمان پذیرش نهایی: 99/08/29

شماره مجوز مجله: 80400

## بهره گیری از الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی هیدروسیستمهای تک مخزنه و چند مخزنه

مهدی دریکوند<sup>1</sup>، حمیدرضا باباعلی<sup>2</sup>

1- کارشناس ارشد مهندسی عمران

2- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد خرم آباد، گروه عمران

### چکیده

تکنیک‌های بهینه‌سازی در خلال چند دهه اخیر اهمیت زیادی در مدیریت و بهره‌برداری از سیستم پیچیده مخازن داشته‌اند. به‌طور کلی مدیریت بهره‌برداری از مخزن، دو مرحله می‌باشد. مرحله شبیه‌سازی و مرحله بهینه‌سازی در مرحله شبیه‌سازی از رابطه پیوستگی بین مقادیر ورودی و خروجی مخزن و میزان ذخیره در مخزن در دوره‌های زمانی مشخص استفاده می‌شود. در هنگام بهینه‌سازی از تابع هدفی که ماکزیمم یا مینیمم شود، استفاده می‌گردد. به‌طور کلی مطالعات سیستم‌های مخازن شامل توسعه مدل‌های بهره‌برداری و برنامه‌ریزی است. در سیستم‌های مخزنی، هدف از برنامه‌ریزی در بهره‌برداری، ماکزیمم کردن درآمد، مینیمم کردن هزینه، به دست آوردن نیازهای آبی بر اساس معادلات پیوستگی و قیود مسئله است. در یک سیستم مخزنی وجود عدم اطمینان‌ها، اهداف متناسب و نامتناسب، مسائل چندهدفه و توابع غیرخطی مانند توابع برق‌آبی و تبخیر حل مسائل را با مشکل روبه‌رو می‌کنند. انتخاب روش بهینه‌سازی برای حل مسئله مورد نظر بستگی به نوع تابع هدف، نوع قیود و تعداد متغیرهای تصمیم مسئله دارد. در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی هیدروسیستم‌های تک مخزنه و چند مخزنه استفاده می‌کنیم. الگوریتم‌های ژنتیک تکنیک‌های بهینه‌سازی و جستجوی تصادفی هستند که بر پایه اصولی بنا نهاده شده است که نشأت گرفته از تئوری تکامل می‌باشند. از روش کتابخانه‌ای برای جمع‌آوری اطلاعات در زمینه پیشینه‌ی مطالعات داخلی و خارجی استفاده شده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات، گام بعدی تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد. در تحقیق حاضر تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار Matlab به شبیه‌سازی پژوهش پرداخته می‌شود.

**کلمات کلیدی:** تکنیک‌های بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک، سد کارون.

### 1- مقدمه

به علت مغایرت در رژیم آبدهی رودخانه‌ها با نیازهای آبی، احداث سیستم‌های ذخیره‌ای جهت تنظیم جریان‌ات طبیعی رودخانه‌ها و تأمین نیازهای آبی، یکی از بهترین شیوه‌های استفاده از منابع آب می‌باشد. همچنین به لحاظ وجود نیازهای آبی در منطقه، گاه سیستم ذخیره‌ای شامل یک مخزن و گاهی شامل چندین مخزن متوالی بر روی رودخانه و یا شبکه‌ای از مخازن بر روی رودخانه‌ها و سرشاخه‌های آن طرح می‌گردد. متغیر بودن رژیم‌های بارندگی و جریان رودخانه در سال‌های مختلف، اتخاذ یک راهکار مدیریتی مناسب جهت بهره‌برداری از مخزن سدها را ضروری می‌سازد. یکی از راه‌های مقابله با مسائل و مشکلات مدیریت



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

منابع آب و عدم توزیع زمانی و مکانی متناسب آن، استفاده بهینه از مخازن است. تکنیک‌های بهینه‌سازی در خلال چند دهه اخیر اهمیت زیادی در مدیریت و بهره‌برداری از سیستم پیچیده مخازن داشته‌اند. به‌طور کلی مدیریت بهره‌برداری از مخزن، دو مرحله می‌باشد. مرحله شبیه‌سازی و مرحله بهینه‌سازی در مرحله شبیه‌سازی از رابطه پیوستگی بین مقادیر ورودی و خروجی مخزن و میزان ذخیره در مخزن در دوره‌های زمانی مشخص استفاده می‌شود. در هنگام بهینه‌سازی از تابع هدفی که ماکزیمم یا مینیمم شود، استفاده می‌گردد [1]. تاریخ علم بهینه‌سازی به اوایل قرن نوزدهم بازمی‌گردد. تمامی روش‌های بهینه‌سازی قدیمی بر اساس مفهوم مشتق جزئی توابع چند متغیره بیان شده‌اند. چنین روش‌هایی با عنوان روش‌های تحلیلی شناخته می‌شوند. در این روش‌ها محاسبات از یک نقطه شروع می‌شود و با توجه به گرادینان توابع هدف به صورت خطی به نقطه دیگری منتقل می‌شوند. محاسبات مذکور برای نقطه جدید تکرار می‌شوند تا نقاط بعدی به دست آیند. بدیهی است که عملیات تکراری روش‌های تحلیلی تا حصول همگرایی ادامه می‌یابد [13]. هر مسئله بهینه‌سازی، شامل دو بخش مدل‌سازی و برنامه‌ریزی می‌باشد. بخش مدل‌سازی شامل تشکیل تابع هدف و قیودات مربوط بر اساس روابط فی‌مابین متغیرها، به صورت معادلات و یا نامعادلات است. در بخش برنامه‌ریزی، روش جست‌وجو به منظور تعیین شرایط بهینه در رسیدن به مقدار مطلوب تابع هدف انجام می‌گیرد [10]. متخصصان منابع آب در سراسر دنیا برای حل مسائل منابع آب و به‌ویژه مسئله بهره‌برداری مخازن با کمک فن‌آوری اطلاعات، کامپیوترهای جدید و افزایش سرعت محاسبات، روشها و ابزار گوناگونی را برای بهینه‌سازی ابداع و مورد استفاده قرار داده‌اند. با توجه به روش‌های مختلف بهینه‌سازی، در این تحقیق از روش الگوریتم ژنتیک الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم مورچگان استفاده شده است. در ادامه این فصل به تعریف مسئله و چگونگی سیستم مورد نظر و روش‌های حل آن پرداخته می‌شود. مزیت اصلی یک شبکه خوب آموزش داده شده این است که برای تولید یک راه تخمینی نیازمند یک روند محاسباتی سعی و خطا<sup>1</sup> و تکراری است. برای هر مساله باید با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده از تحلیل‌هایی که انتخاب شده‌اند، شبکه عصبی آموزش داده شود [4]. آموزش یکی از ویژگی‌های شبکه عصبی است که ممکن است کنترل شده و وابسته به پیکربندی شبکه‌ها باشد. بنابراین پیکربندی روش آموزش یا یادگیری و نوع تابع فعال‌سازی نورون‌ها، جزء مشخصه‌های اصلی محسوب می‌شوند. شبکه عصبی دارای دو مد عملیاتی هستند: مد یادگیری و مد عادی. در مد یادگیری پارامترهای قابل تطبیق شبکه‌ها اصلاح می‌شوند و در مد عادی شبکه‌های آموزش دیده برای شبیه‌سازی خروجی بکار می‌روند [5]. تقاضای روزافزون به آب برای مصارف مختلف، افزایش جمعیت، کاهش کمی و کیفی منابع آب و عدم توزیع یکنواخت منابع موجود و همچنین هزینه قابل توجه احداث سد و مخازن آب از جمله مسائل هشدار دهنده‌ای است که سیاستمداران، برنامه‌ریزان و متخصصین را به چاره‌اندیشی در جهت استفاده بهینه از منابع آب سوق می‌دهد. نیاز روزافزون به آب با کمیت و کیفیت مطلوب و توزیع مکانی و زمانی نامناسب، مهندسیین و برنامه‌ریزان را وادار به تفکر و ارائه طرح‌های جامع‌تر و پیشرفته‌تر برای توسعه و بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آب نموده است. رسیدن به اهداف فوق نیازمند ابزار و دانشی است که نزدیک شدن به هدف نهایی را میسر سازد. استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و مدیریت منابع آب قسمتی از این ابزار را فراهم می‌کند. بهینه‌سازی علمی است برای یافتن بهترین پاسخ برای مسئله‌ای که به صورت ریاضی تعریف شده است. در این علم تابع معیار بهینگی و قیدهای موجود در مسئله مطالعه می‌گردد و روش‌هایی مدون برای حل آن‌ها تعیین می‌شود [1]. به‌طور کلی مطالعات سیستم‌های مخازن شامل توسعه مدل‌های بهره‌برداری و برنامه‌ریزی است. مدل‌های برنامه‌ریزی ترکیب سیاست‌های عملیاتی بلندمدت به منظور تصمیم‌گیری در مورد اندازه، محل احداث و تعداد مخازن است و این در حالی است که مدل‌های بهره‌برداری شامل ارزیابی مجدد سیاست‌های بهره‌برداری برای مخازن موجود است. هنگامی که یک سیستم مخزنی برنامه‌ریزی شد باید اطمینان حاصل شود که سیستم مذکور تمام نیازهای آبی را که ممکن است در طول زمان تغییر کنند، برآورد کند. در سیستم‌های مخزنی، هدف از برنامه‌ریزی در بهره‌برداری، ماکزیمم کردن درآمد، مینیمم کردن هزینه، به دست آوردن نیازهای آبی بر اساس معادلات پیوستگی و قیود مسئله است. در یک سیستم مخزنی وجود عدم اطمینان‌ها، اهداف متناسب و نامتناسب، مسائل چندهدفه و توابع غیرخطی مانند توابع برق آبی و تبخیر حل مسائل را با مشکل

<sup>1</sup> Trial And Error Computational Process



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

روبه‌رو می‌کنند [2]. یک سیستم تک مخزنه و چند مخزنه از قسمت‌های مختلفی مانند مخازن، کانال، لوله، پمپ و... تشکیل شده است. مدیریت این دستگاه‌ها برای برنامه‌ریزی و بهره‌برداری بسیار چالش‌برانگیز است، زیرا این مسائل تحت تأثیر فراوانی مانند جریان ورودی، جریان خروجی، حجم مخزن، حجم آب انتقالی به درون و بیرون حوضه، نیاز کشاورزی، صنعت و شهری می‌باشند. اهداف کلی از بهینه‌سازی هیدرو سیستم‌ها شامل منابع اقتصادی و هزینه، آب در دسترس و مطمئن و تولید انرژی برق‌آبی است [7]. در این پژوهش به بررسی بهینه‌سازی هیدرو سیستم‌های تک مخزنه و چند مخزنه با الگوریتم ژنتیک پرداخته می‌شود.

## 2- انواع سدها

### 2-1- سدهای خاکی

سدهای خاکی مصالحشان را از همان منطقه احداث و یا نواحی نزدیک تأمین می‌کنند و اصولاً دارای هسته رسی می‌باشند. رس بر اثر تماس با آب مانع نفوذ و انتقال آب و رطوبت می‌گردد و مانند نوعی عایق رطوبتی عمل می‌کند. اگر عمده مصالح تشکیل‌دهنده سد خاکی یکسان باشند، سد را همگن می‌گویند و در غیر این صورت ناهمگن. مصالح این سد اعم از ریز دانه و درشت دانه بایستی در دسترس باشد. این سدها برای زمینه‌ای نامناسب از نظر مقاومت مناسب‌ترین نوع سد می‌باشند [7].

### 2-2- سدهای سنگریز

این سدها خودبخود غیر همگن می‌باشند و حتماً باید یک بافت آب‌بند در مرکز آن قرار گرفته باشد. شکل این سدها درست مانند سد ناهمگن خاکی با هسته رسی می‌باشد با این تفاوت که در مرکز سد به جای رس از سنگ ریزه نفوذناپذیر استفاده می‌شود و در دورتادور سد سنگریزه‌های دشت تر ریخته می‌شود. سنگهای ریخته شده برای سد بایستی خاصیت‌هایی از قبیل جذب کم آب، سایش کم، مقاومت فشاری بالا و در برابر سرد و گرم شدن مقاومت خوبی داشته باشند.

### 2-3- سدهای بتنی وزنی

این سدها عمدتاً کوتاه هستند و ارتفاع آن‌ها بین ۱۵ تا ۲۰ متر می‌باشد، این سدها به دلیل وزن زیادی که با بتن برای آن به وجود می‌آورد بر اثر فشار آب حرکت نمی‌کند و از جای خود تکان نمی‌خورد. در این نوع سد سرریز شدن آب مشکلی ایجاد نمی‌کند. این سدها در دره‌های عریض ساخته می‌شوند. این نوع سد در برابر تغییر درجه حرارت نیز هیچگونه حساسیتی ندارد.

### 2-4- سدهای بتنی قوسی

این سدها معمولاً در دره‌های باریک با شیب زیاد و از جنس سنگ اجرا می‌گردد و می‌تواند دو قوسی نیز باشند و در راستای عمودی و افقی در ره دو حالت قوس داشته باشند. حسن این سدها این است که اگر به هر علتی در بدنه آن‌ها ترک ایجاد شود خود نیروی فشار اعمالی از جانب آب پشت سد باعث هم آمدن این ترکها (ترکهای حرارتی) می‌شود.

### 2-5- سدهای بتنی پشت‌بنددار

سدهای پشت‌بنددار از نوع بلند هستند و باعث جلوگیری از خمشهای زیاد در بتن می‌شوند و برای تصور آن می‌توان این گونه آن را تشبیه کرد که دیواری بلند را که دارای پی در زمین است با تیرچه‌هایی در پشت آن نیز محکم نگه‌داشته شود تا فرونریزد.

### 2-6- سدهای لاستیکی

این سدهای اغلب بر روی رودخانه‌های فصلی زده می‌شود و این سدها از جنس لاستیک می‌باشند که در زمان موردنیاز این سدها را از باد پر می‌کنند و این عمل باد کردن حجم سد را بالا می‌برد و سد مانع عبور آب می‌گردد. از این نوع سد که کوتاه نیز می‌باشد در شمال کشور خودمان نیز وجود دارد.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

## 3- انواع سدها از نظر کاربرد

- 1- **سدهای مخزنی:** به منظور ذخیره آب برای تأمین مصارف شرب، کشاورزی و صنعت احداث می‌گردد. حجم مخزن این سدها بسیار بزرگ است. این نوع سدها شامل سدهای بتنی دو قوسی و بتنی وزنی و سدهای خاکی می‌شوند.
- 2- **سدهای تنظیمی:** هدف از ساخت این سدها تنظیم دبی ثابتی برای رودخانه می‌باشد. این نوع سدها در پائین دست سدهای مخزنی بزرگ احداث می‌گردند. ارتفاع آنها کم و میزان حجم آبی که در آنها ذخیره می‌شود، کم می‌باشد. جنس این سدها اکثراً بتنی با حاشیه‌های سنگریزه ای می‌باشد.
- 3- **سدهای انحرافی:** برای منحرف کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، این سدها در مسیر رودخانه‌ها احداث می‌گردند و با افزایش هد آب باعث سوار شدن آب بر زمین‌های مجاور می‌گردد. همچنین از این سدها برای منحرف کردن آب قبل و بعد از محل‌های ساخت سدهای بزرگ استفاده می‌شود.
- 4- **سدهای رسوبگیر:** این نوع سدها دارای ارتفاع کمی می‌باشد و جنس آنها بتن و سنگ می‌باشد. هدف از این سدها برای جلوگیری از ورود رسوبات به داخل سدهای بزرگ می‌باشد و قبل از این سدها احداث می‌شوند.

## 4- اصول نگهداری و تعمیرات

سدها از بزرگ‌ترین طرح‌های عمرانی هر کشوری می‌باشد که در رشد و شکوفایی اقتصادی هر جامعه نقش بسزایی دارد و برای ساخت و اجرای آنها زمان و هزینه بسیار زیادی صرف گردیده است. حفظ، نگهداری، دوام و تضمین بهره‌برداری ضرورت بهره‌برداری محسوب می‌گردد. نگهداری مقدم بر تعمیرات است و منظور از نگهداری حفظ سلامت و کارایی و نگاهداشتن وضعیت سازه به همان شکل اجرا و ساخت اولیه است. اقدامات اجرایی و پیوسته جهت نگاهداشتن و پیشگیری از صدمات ناشی از آسیب حرکتی، نشست و نشت آب، آسیب‌های شیمیایی، صدمات زلزله و سیل و سایر صدمات فیزیکی و شیمیایی منجر به تضمین سلامتی آن می‌گردد. تعمیرات زمانی انجام می‌شود که نگهداری جایگاه در دستگاه بهره‌بردار نداشته و احتمال خطرات و اثرات سوء و مخرب در پیش باشد. موضوع مهم در ارتباط با نگهداری و تعمیرات تأمین هزینه و برآورد دقیق حجم عملیات و نیز مصالح مصرفی و نیز زمان تعمیرات می‌باشد.

در مرحله تعمیرات پارامترهای زیر مهم می‌باشد:

- 1- آسیب‌شناسی
- 2- اثرات حال و آینده ناشی از آسیب‌دیدگی
- 3- ضرورت و روش تعمیر
- 4- حجم عملیات ترمیم، زمان و هزینه [7].

## 5- مرور ادبیات و پیشینه پژوهش

بهلول و همکاران (1390)، با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جست‌وجوی الگو به بهینه‌سازی بهره‌برداری در سیستم چند مخزنی پرداختند. روش‌های فوق، به‌طور موردی در سدهای بوستان، کارون 3 و کارون 4 مورد استفاده قرار گرفت. هدف از انجام تحقیق، حداقل کردن کمبود سالانه و حداکثر سازی اعتمادپذیری سیستم بوده است. نتایج نشان داده که روش الگوریتم ژنتیک نسبت به الگوریتم جست‌وجوی الگو، روش مناسب‌تری برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های چند مخزنی است [5].

تیبیان<sup>1</sup> و همکاران در سال 2016، به بررسی پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی سیاست‌های انتشار انحصاری برای عملیات مخزن برق‌آبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند. این تحقیق اشکال جدید سیاست‌های انتشار را برای عملکرد کارآمد سیستم

<sup>1</sup> Tayebian, etal



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

مخزن برق آبی بر اساس خصوصیات پایه سیستم‌های برق آبی توسعه داد. درعین حال، سه شکل سیاست یعنی CSOPHP، BSOPHP و SHPHP در نرم افزار متلب ساخته شده و با اپراتورهای بهینه سازی پیوند پیدا می کنند. الگوریتم ژنتیک واقعی کدگذاری شده به عنوان فن بهینه سازی برای تعیین عملیات بهینه هر سیاست استفاده می شود. برای بهبود بازده کارکردی، به حداکثر رساندن تولید نیروی کلی در طول زمان شبیه سازی (2003-2012) به عنوان تابع هدف انتخاب می شود. مدل های توسعه یافته به سیستم برق آبی CAMERON HIGHLAND در مالزی اعمال شده اند. نتایج بهینه سازی نشان داد که استفاده از سیاست های انتشار بهینه در خروجی تولید برق را افزایش داد در حالی که پایداری سیستم نیز افزایش پیدا می کند. رویکردهای پیشنهادی امکان پذیر بوده و می توان آن ها را در موارد دیگر در عملیات مخازن موجود یا در پروژه های جدید هیدروالکترونیک استفاده کرد. عملکرد این سیاست ها از جنبه قابلیت اعتماد، انعطاف پذیری، آسیب پذیری و پایداری مقایسه می شوند. در کل، نتایج نشان دادند که سیاست SHPHP کارآمدترین و راحت ترین سیاست در میان سیاست های آزمودن شده انتشار بوده و خروجی حداکثری تولید نیروی برق را به دست می دهد [17].

بهاتشوار<sup>1</sup> و همکاران در سال 2015، به بررسی پژوهشی با عنوان تثبیت فرکانس برای هیدرو سیستم قدرت چندمنظوره حرارتی با استفاده از کنترل کننده منطق فازی بهینه سازی شده در الگوریتم ژنتیک در محیط نامنظم پرداختند. این پژوهش یک مدل کنترل فرکانس بار را برای سیستم نیوری هیدرو- حرارتی تحت محیط نامنظم توسعه می دهد. در این پژوهش، کنترلر منطق فازی در دو مرحله توسط الگوریتم ژنتیک بهینه سازی می شود. اولین مرحله بهینه سازی کنترلر منطق فازی برای بهینه سازی طیف متغیر بوده و دومین مرحله برای بهینه سازی پارامترهای مقیاس بندی و حصول می باشد. علاوه بر این، کنترلر منطق فازی بهینه سازی شده با الگوریتم ژنتیک در مقابل کنترلر تناسبی- انسجامی- اشتقاقی عرفی و کنترلر ساده منطق فازی مقایسه می شود. کنترلر پیشنهادی منطق فازی بهینه سازی شده با الگوریتم ژنتیک پاسخ دینامیک بهتری پیروی تغییر بار- مرحله با ترکیب قراردادهای دوجانبه و POOLCO در محیط نامنظم نشان می دهد. در این پژوهش، تأثیر باند مرده حاکم نیز مورد توجه قرار می گیرد. علاوه بر آن، عملکرد کنترلر منطق فازی بهینه سازی شده با الگوریتم ژنتیک نیز برای تغییرات مختلف بار- مرحله در تقاضاهای مختلف واحد توزیع سنجیده شده و با کنترلر تناسبی- انسجامی- اشتقاقی و کنترلر ساده منطق فازی مقایسه شده است [18].

## 6- سد کارون 4

سد کارون 4 بر روی رودخانه کارون و در فاصله 670 کیلومتری ریزشگاه رودخانه کارون به خلیج فارس احداث شده است. این سد بزرگترین سد بتنی دو قوسی ایران و پنجمین سد مرتفع و منبع تولید انرژی برق آبی در جهان است. این سد، در استان چهارمحال و بختیاری شهرستان لردگان و 180 کیلومتری جنوب غربی شهرکرد قرار دارد و در تیرماه سال 1390 افتتاح شد [12].

### 6-1- اهداف و منافع سد کارون 4

- تولید انرژی برق آبی متوسط سالانه به میزان 2100 گیگاوات ساعت
- کنترل آب های سطحی منطقه
- پیوستن به گروه سدهای زنجیره ای کارون و تنظیم آب رودخانه به منظور تأمین آب مورد نیاز صنعت و کشاورزی در دشت های پایین دست
- کنترل سیلاب های مخرب فصلی (وقوع سیلاب در زمان احداث سد دومرتبه باعث تخریب سازه های وابسته به آن شد)

<sup>1</sup> Bhatshvar, etal



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

## 6-2- ویژگی‌های طرح کارون 4

- تنظیم آب رودخانه کارون به میزان ۷/۳ میلیارد مترمکعب
- بالادست‌ترین سد در رودخانه کارون
- پل قوسی این سد با طول عرشه ۳۷۸ متر، طول دهانه ۳۰۰ متر و ارتفاع ۶۲ متر از سطح دریاچه سد، بزرگ‌ترین پل زیر قوسی ایران نامیده شده است.

جدول (1): اطلاعات فنی نیروگاه [12]

مشخصات کلی نیروگاه	
سطحی	نوع نیروگاه
۲۱۰۷ گیگاوات ساعت	انرژی متوسط سالیانه
۱۰۰۰ مگاوات	ظرفیت نیروگاه
۴ واحد ۲۵۰ مگاواتی	تعداد واحد
۹۹۶+ متر از سطح دریا	حداقل تراز بهره‌برداری
۱۲۰ متر طول × ۲۲ متر عرض × ۶۵ متر ارتفاع	ابعاد نیروگاه
۹۴۲۰۰۰ مترمکعب	حجم حفاری
۱۸۰۰۰۰ مترمکعب	حجم بتن‌ریزی
مشخصات ژنراتور نیروگاه	
۷۵/۱۵ کیلوولت	ولتاژ نامی
۲۶۳MVA	قدرت خروجی نامی (هر واحد)
۳۰۰MVA	قدرت خروجی حداکثر (هر واحد)
۵۰ هرتز	فرکانس نامی
۳۲	تعداد قطب‌ها
مشخصات تونل‌های آب بر نیروگاه	
۴ رشته	تعداد تونل
۸۴۰ متر	مجموع طول پوشش فلزی در تونل‌های آب بر
۱۴۲۶ متر	طول کل تونل‌ها
۱۷۲ عدد	تعداد کل استرک‌ها
۲۱۲ متر	طول شفت‌های عمودی
۶ متر	قطر استرک
۱۸۷۶۰۰ مترمکعب	حجم کل حفاری
۵ متر	طول استرک
۳۶۰۰۰ مترمکعب	حجم کل بتن‌ریزی تونل‌ها
۱۶ تا ۲۹ تن	وزن هر استرک
۲۱۰۰۰ مترمکعب	حجم بتن‌ریزی پشت پوشش فلزی

## 6-3- اهداف طرح سد کارون 3

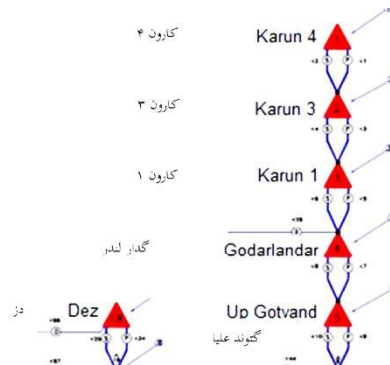
- کنترل سیلاب‌های فصلی رودخانه کارون؛
- بالا بردن قدرت تنظیم آب برای مصارف شرب و کشاورزی؛ و
- تولید انرژی برق آبی.

## 7- منابع قرضه و مشخصات آن

منابع قرضه طرح کارون ۳ شامل بخشی از مصالح حاصله از حفاری‌های تکیه‌گاه‌ها و پی سد، حوضچه آرامش، حفاری از معادن A و B در دهزیر، معادن تنگ قاف، رکعت، باجول وشالو در فاصله ۷ تا ۱۵ کیلومتری حاشیه رودخانه کارون در بالادست سد بوده است [12].



شکل (1): نقشه موقعیت کلی حوضه آبریز کارون [12]



شکل (2): پیکربندی شماتیک سیستم منابع آب کارون [12]

نمایی از محل قرارگیری سدها مورد مطالعه جهت مدل بهینه‌سازی [12]

معادلات بیلان آبی دو سد

بیلان آب در مخازن مورد مطالعه براساس معادله پیوستگی به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود.

(۱)

$$S_{(1,t+1)} - S_{(1,t)} = I_{(1,t)} - R_{(1,t)} - V_{r(1,t)} - E_{(1,t)}$$

$$V_{r(1,t)} + M = I_{(2,t)}$$

$$S_{(2,t+1)} - S_{(2,t)} = I_{(2,t)} - R_{(2,t)} - V_{r(2,t)} - E_{(2,t)}$$

که در آن:  $V_{r(1,t)}$ : آب رهاشده از سد بالادست (سد کارون ۳) به سمت سد پایین دست (سد کارون ۴) در زمان  $t$ ,  $M$ : آب ورودی از سرشاخه‌ها به سد شماره ۲ (سد کارون ۴)،  $I$  میزان ورودی ماهانه به مخازن در زمان  $t$ ,  $R_{(1,t)}$  خروجی از مخزن ۱ (سد کارون ۳) در زمان  $t$  و  $R_{(2,t)}$  خروجی از مخزن ۲ (سد کارون ۴) جهت تامین نیازهای کشاورزی اراضی پایین دست  $V_{r(2,t)}$ : خروجی از مخزن ۲ (سد کارون ۴) به سمت سد گتوند و  $E$  حجم تبخیر ماهانه هریک از مخازن در زمان  $t$  است [9].

محاسبه حجم کنترل سیلاب در سد مخزنی کارون ۳: یکی از روش‌های مهم برای کنترل سیلاب و استفاده از ظرفیت مخزن برای ذخیره نمودن، روند یابی و تنظیم دبی سیلاب می‌باشد. این مساله به ویژه در مناطق سیل‌خیز از اهمیت بالایی برخوردار است.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

بهره‌برداری از سد کارون 3 جهت تامین نیازهای کشاورزی: به منظور تامین مطلوب نیازهای کشاورزی، توجه به سطح زیر کشت، نیاز آبی گیاهان کشت‌شده و نیز زمان آبیاری آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در جدول 3 مقادیر مربوط به نیازهای کشاورزی سد کارون 3 در ماه‌های مختلف ارائه شده است.

تبخیر از سطح آزاد در مخزن سد کارون 3: با توجه به این که در معادلات بیلان آبی باید مقدار تبخیر در نظر گرفته شود، بنابراین در این پژوهش با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده تبخیر در ایستگاه تبخیر از سطح آزاد آب معادل 70 درصد تبخیر از تشتک، در نظر گرفته شده است.

در جدول 3 مقادیر مربوط به محاسبات تبخیر به صورت ماهانه ارائه شده است.

بهره‌برداری از سد کارون 4 جهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی: به طور مشابه مقادیر مربوط به تامین نیازهای کشاورزی سد کارون 4 بر اساس سطح زیر کشت و نیاز آبی هریک از محصولات در جدول ارائه شده است. همچنین در جدول 3 مقادیر مربوط به محاسبات تبخیر به صورت ماهانه قابل مشاهده می‌باشد.

مخازن می‌باشد، لازم است طوری بهینه‌سازی انجام گردد که ضمن مهار سیلاب‌های سالانه، بیشترین میزان تامین تقاضا و کمترین اتلاف آب رخ دهد. در این پژوهش تابع هدف به صورت رابطه‌ی 2 در نظر گرفته شده است.

(2)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \{ (R_i - D_i)^2 + (S_{(i,t+1)} - S_{(i,t)} - I_{(i,t)} + R_{(i,t)} + V_{r(i,t)} + E_{(i,t)})^2 + P(x) \}$$

تابع هدف موردبررسی در سیستم مورد مطالعه از سه قسمت تشکیل شده که قسمت اول مربوط به تامین نیازمندی‌های پایاب هریک از مخازن، قسمت دوم، شرط پیوستگی معادلات بیلان آب دو مخزن و قسمت سوم تابع پنالتی در نظر گرفته شده، می‌باشد.  $(R_1 - D_1)^2$  مربوط به مخزن بالادست (سد کارون 3) می‌باشد و مقادیر  $R_1, D_1$  به ترتیب میزان نیاز آبی گیاهان پایاب و میزان خروجی از مخزن سد جهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی می‌باشند.

$(R_2 - D_2)^2$  مربوط به مخزن پایین دست (سد کارون 4) می‌باشد و مقادیر  $R_2, D_2$  به ترتیب میزان نیاز آبی گیاهان پایاب و میزان خروجی از مخزن سد جهت تامین نیازمندی‌های کشاورزی می‌باشند.

$P(x)$  تابع پنالتی است معرفی توابع پنالتی در سیستم موردبررسی: در روش الگوریتم ژنتیک، قیود، به صورت توابعی به نام پنالتی در محاسبات مربوط به تابع هدف دخالت داده می‌شوند. شکل کلی به کار بردن این توابع بر حسب نوع متغیرها و شرایط هر سیستم متفاوت است [11].

## 8- بهینه‌سازی

### 8-1- الگوریتم ژنتیک

از آنجاکه عموماً یک ماده به‌سختی می‌تواند پاسخگوی جنبه‌های اقتصادی و عملکرد کار آبی خواص طراحی باشد لذا امروزه شاهد استفاده از مواد ترکیبی هستیم. یک ماده کامپوزیت به‌صورت یک مخلوط فیزیکی را از دو یا چند ماده مختلف تعریف می‌کنند که این مواد خواص فیزیکی و شیمیایی خود را حفظ کرده و مرز مشخصی باهم تشکیل می‌دهند. در کامپوزیت الیاف، عضو بار پذیر اصلی و فاز ماتریس آن‌ها را در محل و آرایش مطلوب نگاه‌داشته و به‌عنوان یک محیط منتقل‌کننده بار بین الیاف عمل می‌کند. رایج‌ترین الیاف مصنوعی برای کاربردهای مهندسی عبارت‌اند از: شیشه، کربن (گرافیت)، برون. الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از نقاط فضای جواب محاسباتی هیچ محدودیتی برای تابع بهینه شونده، مثل پیوستگی و مشتق‌پذیری ندارد و در روند جستجوی خود تنها به تعیین تابع هدف در نقاط مختلف نیاز دارد. هر شخص ترکیبی از کروموزوم‌های ترکیبی از ژن‌ها است. الگوریتم در هر تکرار محاسباتی (نسل)، جمعیتی از شخص‌ها را انتخاب کرده و با انجام عملگرهای ژنتیکی همانند انتخاب، پیوند، جهش روی آن‌ها نسل جدید را تولی می‌کند. [15].

### 8-2- الگوریتم رقابت استعماری





# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

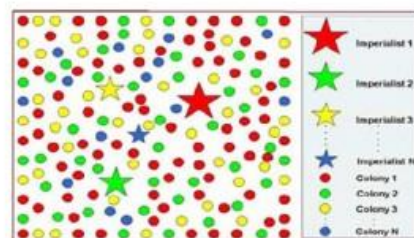
الگوریتم رقابت استعماری روشی در حوزه محاسبات تکاملی است که به یافتن پاسخ بهینه مسائل مختلف بهینه‌سازی می‌پردازد. این الگوریتم با مدل‌سازی ریاضی فرآیند تکامل اجتماعی - سیاسی، الگوریتمی برای حل مسائل ریاضی بهینه‌سازی ارائه می‌دهد [14].

## 8-3- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، الهامی از علم ژنتیک و نظریه تکامل داروین است و بر اساس بقای برترین‌ها یا انتخاب طبیعی استوار است. یک کاربرد متداول الگوریتم ژنتیک، استفاده از آن به‌عنوان تابع بهینه‌کننده است. الگوریتم ژنتیک ابزار سودمندی در بازشناسی الگو، انتخاب ویژگی، درک تصویر و یادگیری ماشینی است. در الگوریتم‌های ژنتیکی<sup>۱</sup>، نحوه تکامل ژنتیکی موجودات زنده شبیه‌سازی می‌شود. در یک الگوریتم ژنتیک یک جمعیت از افراد طبق مطلوبیت آن‌ها در محیط بقا می‌یابند. افرادی باقابلیت‌های برتر، شانس ازدواج تولیدمثل بیشتری را خواهند یافت. بنابراین بعد از چند نسل فرزندان با کارایی بهتر باوجود می‌آیند. در الگوریتم ژنتیک هر فرد از جمعیت به‌صورت یک کروموزوم معرفی می‌شود. کروموزوم‌ها در طول چندین نسل کامل‌تر می‌شوند. الگوریتم‌های ژنتیکی را می‌توان یک روش بهینه‌سازی تصادفی جهت‌دار دانست که به‌تدریج به سمت نقطه بهینه حرکت می‌کند. در مورد ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دیگر روش‌های بهینه‌سازی می‌توان گفت که الگوریتمی است که بدون داشتن هیچ‌گونه اطلاعی از مسئله و هیچ‌گونه محدودیتی بر نوع متغیرهای آن برای هرگونه مسئله‌ای قابل‌اعمال است و دارای کارایی اثبات‌شده‌ای دریافتن بهینه کلی<sup>۲</sup> هست. توانایی این روش در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی است که با روش‌های کلاسیک قابل‌اعمال نیستند [2].

## 8-4- الگوریتم بهینه‌سازی رقابت استعماری

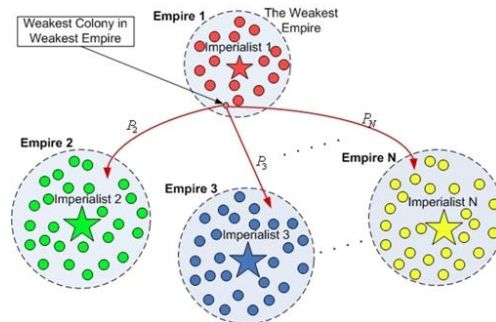
الگوریتم رقابت استعماری توسط آقایان اسماعیل آتش‌پز و کارو لوکس ارائه‌شده است که برای بهینه‌سازی، بجای طبیعت از یک پدیده اجتماعی الهام گرفته است [8]. مبدعان این الگوریتم، پدیده تاریخی استعمار را در راستای یک تکامل اجتماعی - سیاسی جوامع انسانی تحلیل نموده و با مدل‌سازی ریاضی این فرایند، یک الگوریتم قدرتمند برای بهینه‌سازی ارائه کرده‌اند. نتایج به‌کارگیری این الگوریتم در زمینه‌های متنوعی از مهندسی برق، کامپیوتر، صنایع، مکانیک و... کارایی آن را در حل مسائل بهینه‌سازی نشان داده است. کارایی بالا و جنبه نوآوری این الگوریتم، باعث جذابیت آن برای متخصصین حوزه بهینه‌سازی شده است.



شکل (3): انتخاب کشورها در الگوریتم رقابت استعماری [14]

<sup>1</sup> Genetic Algorithm

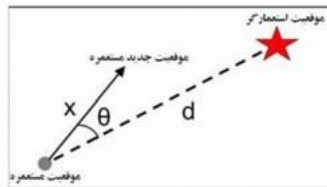
<sup>2</sup> Global Optimum



شکل (4): تعداد مستعمرات هر استعمارگر [14]

## 9- استعمارگران اولیه تولیدشده و مستعمرات آنها

کشورهای استعمارگر با اعمال سیاست جذب (همگون سازی) در راستای محورهای مختلف مثلاً زبان و فرهنگ، کشورهای مستعمره را به سمت خود می کشند. این موضوع به وسیله حرکت تصادفی هر کشور مستعمره به سمت کشور استعمارگر خود، در فضای جستجو مدل سازی شده است. مطابق شکل 6-7، حرکت کشور مستعمره به سمت کشور استعمارگر به اندازه  $X$  و با انحراف زاویه ای  $\theta$  صورت می گیرد که این مقادیر به طور تصادفی تعیین می گردند [9].



شکل (5): چگونگی جابجایی کشور مستعمره در راستای سیاست جذب [14]

## 10- الگوریتم کلونی مورچگان

بهینه سازی گروه مورچه ها یا ACO همان طور که می دانیم مسئله یافتن کوتاه ترین مسیر، یک مسئله بهینه سازی است که گاه حل آن بسیار دشوار است و گاه نیز بسیار زمان بر. برای مثال مسئله فروشنده دوره گرد را نیز می توان مطرح کرد. روش که از رفتار مورچه ها دریافتن مسیر بین محل لانه و غذا الهام گرفته شده؛ اولین بار در ۱۹۹۲ توسط مارک و دوریگو (Marco Dorigo) در پایان نامه دکترایش مطرح شد. الگوریتم کلونی مورچه الهام گرفته شده از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه هاست. این نوع رفتار مورچه ها دارای نوعی هوشمندی توده ای است که اخیراً مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است در دنیای واقعی مورچه ها ابتدا به طور تصادفی به این سو و آن سو می روند تا غذا بیابند. سپس به لانه برمی گردند و ردی از فرومون (Pheromone) به جا می گذارند. چنین ردهایی پس از باران به رنگ سفید درمی آیند و قابل رؤیت اند. مورچه های دیگر وقتی این مسیر را می یابند، گاه پرسه زدن را رها کرده و آن را دنبال می کنند.

بهینه سازی کلونی مورچه ها (ACO) یک الگوریتم بهینه سازی است که از طبیعت الهام گرفته شده و رفتار جستجو گرایانه ی مورچه ها را تقلید می کند. مورچه ها برای علامت گذاری مسیر بین غذا و لانه از خودشان ماده ای شیمیایی به نام pheromone به جا می گذارند که برای مورچه های دیگر جذاب است. خاصیت تبخیر شونگی دارد و با گذشت زمان اثرش از بین می رود. تراکم pheromone در مسیرهای کوتاه تر بیشتر است، این بازخورد مثبت در نهایت به این منجر خواهد شد که مورچه ها مسیری با طول کمتر را دنبال کنند. در این الگوریتم، جستجوی مورچه روش مناسبی برای یافتن فضاهای راه حل می باشد. نخستین الگوریتم ACO که تحت عنوان سیستم مورچگان نامیده شد، توسط دوریگو و همکارانش پیشنهاد شد. در



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

مسئله ی تشخیص لبه در تصویر، سرمایه‌گذاری بر روی جمعیت پاسخ‌ها که الگوریتم ACO را به صورت آماری تعیین می‌کند دارای توزیع بیشتری نسبت به الگوریتم مورچه‌ها است که روش بهتری برای یافتن راه حل به حساب می‌آید. ولی سرعت متوسط بهبود پاسخ‌های جمعیت رو به پاسخ بهینه، پایین است (درصد پاسخ‌های بهینه کمتری خواهیم داشت) و همین مساله سبب می‌شود تا پاسخ با پاسخ بهینه‌ی مطلق همگرا نشود. این حالت زمانی رخ می‌دهد که الگوریتم مورچه‌ها دارای توزیع جمعیت پایین‌تر باشد و شکل‌گیری پاسخ‌ها به سرعت رخ دهد، ولی سرعت رویکرد آن به پاسخ بهینه بالاتر است. اینکه ما دقیقاً از ACO برای توضیح اطلاعات لبه در روش پیشنهادی خود استفاده کرده ایم. در بخش بعدی، مقدمه‌ای مختصر برای نشان دادن مفاهیم پایه ی ACO ارائه‌شده است. بخش سوم، روش سنتی مبتنی بر ACO معرفی می‌شود. در بخش چهارم روش پیشنهادی شرح داده‌شده و در بخش پنجم، نتایج شبیه‌سازی این روش ارائه می‌گردد؛ و نهایتاً بخش پایانی مقاله به نتیجه‌گیری اختصاص دارد [16].

## 10-1- مقدمات کلونی مورچه‌ها

راه حل ACO به دنبال یافتن فرمون اطلاعات مناسب از طریق حرکت‌ها می‌باشد که با استفاده از تعداد مورچه‌ها به دست می‌آید.

برای درک بهتر، پیشنهاد می‌کنیم که از  $K$  مورچه برای یافتن راه حل مناسب در سطح  $X$  از جمله گره‌های  $M_1 * M_2$  استفاده شود. برنامه‌ی ACO را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

تمامی  $k$  مورچه را جایگذاری کرده و مقداردهی اولیه را برای فرمون ماتریس  $\tau^{(0)}$  انجام می‌دهیم.

- مورچه‌ی  $k = 1:K$  را نمایه‌گذاری می‌کنیم.

- بنابراین ما کمین ماتریس انتقال ممکن  $p(n)$  را بر اساس مورچه انتقال می‌دهیم (با اندازه‌ی  $M_1 M_2 \times M_1 M_2$ )

- فرمون ماتریس  $\tau^{(0)}$  را آپدیت می‌کنیم.

بر اساس ماتریس فرمون نهایی  $\tau^{(N)}$ ، راه حل را پیدا می‌کنیم.

در بالا دو مرحله‌ی پایه و اساسی برای ACO وجود دارد. این امکان وجود دارد که با استفاده از فرمون  $\tau^{(n)}$  یک انتقال ماتریس  $p(n)$  و یک ماتریس تلافی ایجاد کنیم که هر کدام آنها را در ادامه توضیح خواهیم داد.

در ابتدا بر اساس عملکرد احتمال که از طریق پتانسیل مشخص می‌شود، کمین مورچه از گره احتمالی  $i$  به گره  $j$  حرکت می‌کند. (3)

$$p_{i,j}^{(n)} = \frac{\left(\tau_{i,j}^{(n-1)}\right)^\alpha \left(\eta_{i,j}\right)^\beta}{\sum_{j \in \Omega_i} \left(\tau_{i,j}^{(n-1)}\right)^\alpha \left(\eta_{i,j}\right)^\beta}, \quad \text{if } j \in \Omega_i$$

به طوری که مقدار گره پیوند فرمون اطلاعات  $i$  در گره  $j$  می‌باشد.  $\tau_{i,j}^{(n-1)}$

حول گره‌های  $a_k$  است که مورچه را روی گره  $i$  فرض می‌کند. مقادیر ثابت  $\alpha$  و  $\beta$  به ترتیب تاثیر فرمون اطلاعات و اکتشاف اطلاعات را نشان می‌دهد. داده‌های اکتشافی از گره  $i$  به گره  $j$  را نشان می‌دهد، یعنی برای هر پیش‌بینی ثابت است. سپس، ماتریس فرمون نیازمند آن است که ACO دو بار آپدیت شود. مرحله اول به‌روزرسانی بعد از حرکت هر مورچه در هر مرحله انجام می‌شود. به صورت دقیق‌تر، بعد از حرکت کمین مورچه در مرحله‌ی  $i$  ماتریس فرمون به‌روزرسانی می‌شود. (4)

$$\tau_{i,j}^{(n-1)} = \begin{cases} (1-\rho) \cdot \tau_{i,j}^{(n-1)} + \rho \cdot \Delta_{i,j}^{(k)} \\ \tau_{i,j}^{(n-1)} \end{cases}$$



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

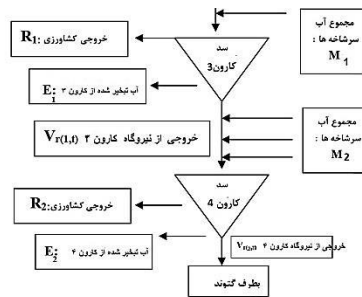
به طوری که نرخ تبخیر  $P$  بستگی به میزان انتخاب کاربر دارد. بهروزرسانی دوم بعد از اینکه  $k$  مورچه حرکت کردند، انجام می‌شود و بر اساس [4] ماتریس فرمون بهروزرسانی می‌شود.

$$\tau^{(n)} = (1-\psi) \cdot \tau^{(n-1)} + \psi \cdot \tau^{(0)} \quad (5)$$

به طوری که  $\psi$  فاکتور شکست فرمون است. توجه داشته باشید که سیستم کلونی مورچه [5] با استفاده از دو تلاقی عملی (بهروزرسانی شده با فرمون (2) و (3)) اجرا می‌شود در حالی که سیستم کلونی مورچه [1] تنها یک عمل (عبارت (3)) را اجرا می‌کند [4].

## 11- تابع هدف

در این تحقیق برای بهینه‌سازی بهره‌برداری سدهای کارون 3 و کارون 4 سه هدف دنبال می‌شود. بهینه‌سازی خروجی کشاورزی، خروجی نیروگاه و ذخیره آب پشت سد به طوری که خروجی کشاورزی و نیروگاه و آب ذخیره شده پشت سد بیشینه شود. ابتدا هر کدام از این توابع جداگانه تشریح شده سپس توسط یکی از روش‌های ترکیب توابع چند هدفی آن‌ها را ترکیب می‌کنیم و به‌عنوان تابع برازندگی خود در هر الگوریتم ژنتیک و الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم مورچگان استفاده می‌کنیم.



نمودار (1): نمایی از محل قرارگیری سدها مورد مطالعه جهت مدل بهینه‌سازی

## 11-1- معادلات بیلان آبی دو سد

بیلان آب در مخازن مورد مطالعه بر اساس معادله پیوستگی به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$S_{(1,t+1)} - S_{(1,t)} = I_{(1,t)} - R_{(1,t)} - V_{r(1,t)} - E_{(1,t)} \quad (6)$$

$$V_{r(1,t)} + M = I_{(2,t)}$$

$$S_{(2,t+1)} - S_{(2,t)} = I_{(2,t)} - R_{(2,t)} - V_{r(2,t)} - E_{(2,t)}$$

در این پژوهش تابع هدف به صورت رابطه‌ی زیر در نظر گرفته شده است.

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n \{(R_i - D_i)^2 + (W_i - V_i)^2 + (S_{(i,t+1)} - S_{(i,t)} - I_{(i,t)} + R_{(i,t)} + V_{r(i,t)} + E_{(i,t)})^2 + P(x)\} \quad (7)$$



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

تابع هدف موردبررسی در سیستم مورد مطالعه از سه قسمت تشکیل شده که قسمت اول مربوط به تأمین نیازمندی‌های پایاب هریک از مخازن، قسمت دوم، شرط پیوستگی معادلات بیلان آب دو مخزن و قسمت سوم تابع پنالتی در نظر گرفته شده، هست.

$(R_1 - D_1)^2$  مربوط به مخزن بالادست (سد کارون 3) می‌باشد و مقادیر  $R_1, D_1$  به ترتیب میزان نیاز آبی گیاهان پایاب و میزان خروجی از مخزن سد جهت تأمین نیازمندی‌های کشاورزی می‌باشند.

$(R_2 - D_2)^2$  مربوط به مخزن پایین دست (سد کارون 4) می‌باشد و مقادیر  $R_2, D_2$  به ترتیب میزان نیاز آبی گیاهان پایاب و میزان خروجی از مخزن سد جهت تأمین نیازمندی‌های کشاورزی می‌باشند.

$(W_1 - V_1)^2$  مربوط به مخزن بالادست (سد کارون 3) می‌باشد و مقادیر  $V_1, W_1$  به ترتیب میزان نیاز نیروگاه برق آبی سد کارون 3 و میزان خروجی از نیروگاه برقایی سد کارون 3 جهت تأمین نیروی برق می‌باشند.

$(W_2 - V_2)^2$  مربوط به مخزن پایین دست (سد کارون 4) می‌باشد و مقادیر  $V_2, W_2$  به ترتیب میزان نیاز نیروگاه برق آبی سد کارون 4 و میزان خروجی از نیروگاه برقایی سد کارون 4 جهت تأمین نیروی برق می‌باشند.  $P(x)$  تابع پنالتی است معرفی توابع پنالتی در سیستم موردبررسی: درروش الگوریتم ژنتیک، قیود، به صورت توابعی به نام پنالتی در محاسبات مربوط به تابع هدف دخالت داده می‌شوند. شکل کلی به کار بردن این توابع برحسب نوع متغیرها و شرایط هر سیستم متفاوت است.

## 11-2- متغیرهای طراحی

متغیرهای طراحی مسئله یعنی مقادیر مجهولی که باید به گونه‌ای به دست آیند که به ازای آن‌ها تابع هدف بهینه شود. این متغیرها عبارت‌اند: از ورودی سرشاخه‌ها، خروجی نیروگاه، خروجی کشاورزی، مقدار آب تبخیر شده، میزان نیاز نیروگاه، میزان نیاز کشاورزی در هرماه سال در این تحقیق استفاده شده است.

جدول (2): مقادیر ثابت متغیرها در تابع هدف به ازای ماه‌های مختلف

W2	W1	E <sub>2</sub> (Mcm)	E <sub>1</sub> (Mcm)	I <sub>1</sub> (Mcm)	M <sub>1</sub> (Mcm)	D <sub>2</sub> (Mcm)	D <sub>1</sub> (Mcm)	I (ماه)
۱۳/۷۸	۶/۳۲	۱/۲۶۵	۰/۶۳	۳۷/۱۷۳	۱۲۳/۷۴۹	۱۴/۶۱	۷/۴۱	فروردین
۱۶/۴۵	۷/۳۲	۱/۹۲۹	۰/۹۵	۳۷/۰۷۵	۸۸/۹۲۳	۲۶/۰۶	۱۳/۹۱	اردیبهشت
۱۸/۳۳	۷/۲۳	۲/۶۸	۱/۶۸	۱۸/۰۲	۳۸/۵۸۹	۰/۶۳۱۹	۰/۹۱	خرداد
۱۹/۵۶	۹/۲۱	۱/۹۰۵	۱/۸۹	۲/۷	۹/۸۳	۱۹/۷۴	۷/۴۱	تیر
۲۰/۲۲	۱۱/۴۶	۰/۶۳۴	۱/۴۸	۱۰/۱۴	۵/۱۶۹	۱۹/۷۶	۷/۴۱	مرداد
۲۱/۸۷	۱۲/۹۸	۰/۱۸۸	۰/۸۵	۳/۵۱۸	۸/۳۲	۰/۶۳۱۹	۰/۹۱	شهریور
۱۹/۳۴	۱۰/۴۳	۰/۱۳	۰/۶۲	۱۰/۳۲	۳۹	۰/۶۵	۰/۸۷	مهر
۱۷/۲۶	۸/۳۴	۰/۱	۰/۴۳	۱۲/۵۶	۵۷/۳	۰/۹۹	۰/۸۵	آبان
۱۴/۵۵	۶/۳۸	۰/۰۵	۰/۴۱	۱۲/۹۸	۸۸/۳۴	۰/۹۵	۰/۴۳	آذر
۱۲/۴۷	۵/۴۲	۰/۰۶	۰/۳۲	۲۰/۵۴	۸۲/۵۳	۳/۴۵	۰/۴۴	دی
۱۱/۳۹	۵/۷۶	۰/۱۲	۰/۳۱	۳۴/۵۹	۱۰۲/۳۲	۴/۵۶	۱/۵۴	بهمن
۱۰/۴۳	۵/۲۲	۰/۴۶۵	۰/۵	۲۰/۴۳۲	۷۷/۰۶۹	۱۶	۷/۵	اسفند

مقادیر  $W_1, W_2, D_1, D_2$  بر اساس مقادیر تأمین نیازهای پایاب هر یک از مخازن که در جدول‌های ۳ و شرح داده شده، محاسبه شده‌اند. همچنین مقدار  $M$  که مجموع جریان‌های سرشاخه‌ها می‌باشد طی ۱۵ سال آمار از ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در انتها هر شاخه فرعی برداشت شده است.  $I$  نیز میانگین ورودی‌های ماهانه به مخزن سد کارون 3 می‌باشد. مقادیر  $E_1$



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

$E_2$  نیز حجم تلفات ناشی از تبخیر در مورد هر مخزن می‌باشد که به صورت ماهانه از جدول‌های سطح - حجم به دست آمده است. مشخصات الگوریتم ژنتیک به کار برده شده: پس از یافتن تابع هدف مناسب و معرفی محدوده هریک از متغیرها در قالب توابع پناستی، جهت به کار بردن روش ژنتیک، از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

$$I_1 = M_1 \quad (8)$$

$$I_2 = M_2 + V_2$$

که در آن:  $V_{r(1,t)}$ : آب رها شده از سد بالادست (سد کارون 3) به سمت سد پایین دست (سد کارون 4) در زمان  $t$ ;  $M$ : آب ورودی از سرشاخه‌ها به سد شماره 2 (سد کارون 4)،  $I$  میزان ورودی ماهانه به مخازن در زمان  $t$ ،  $R(1,t)$  خروجی از مخزن 1 (سد کارون 3) در زمان  $t$  و  $R(2,t)$  خروجی از مخزن 2 (سد کارون 4) در زمان  $t$  جهت تأمین نیازهای کشاورزی اراضی پایین دست  $V_{r(2,t)}$ : خروجی از مخزن 2 (سد کارون 4) به سمت سد گتوند و  $E$  حجم تبخیر ماهانه هریک از مخازن در زمان  $t$  است.

## 11-3- تشکیل تابع هدف

همان‌طور که اشاره شد برای ترکیب توابع از روش معیار سراسری استفاده می‌کنیم. حسن استفاده از این روش این است که با توجه به اینکه مقدار عددی آب کشاورزی، آب نیروگاه و آب سرشاخه‌ها و آب تبخیر شده با یکدیگر سازگار نیستند (ممکن است وزن در حد  $10^1$  و هزینه در حد  $10^3$  و بار در حد  $10^9$  باشد). این نوع فرمول‌بندی توابع را همسنگ می‌کند و به این ترتیب پارامترها از تأثیری در یک محدوده برخوردار می‌شوند. ابتدا لازم است که توابع  $\phi_1$  و  $\phi_2$  را تعریف کنیم.

$$\phi_1 = \left(\frac{M}{M^*}\right)^2$$

$$\phi_2 = \left(\frac{V}{V^*}\right)^2$$

$$\phi_3 = \left(\frac{R}{R^*}\right)^2$$

$$\phi_4 = \left(\frac{E}{E^*}\right)^2$$

(9)

در روابط فوق  $M$  و  $V$  و  $R$  و  $E$  به ترتیب آب ورودی سرشاخه‌ها، آب خروجی نیروگاه، آب مورد استفاده کشاورزی و آب تبخیر شده هر طرح و  $M^*$  و  $V^*$  و  $R^*$  و  $E^*$  نیز مقادیر نرمال ثبت شده آن‌ها در طول 15 سال هستند که در جدول فوق آمده‌اند.

## 11-4- ماتریس داده‌های ساخته شده برای الگوریتم‌ها

هرماه از سال دارای 8 فاکتور بوده که به ترتیب سرشاخه‌های سد 1، سرشاخه‌های سد 2، آب خروجی از نیروگاه 1، آب خروجی کشاورزی از سد 1، آب تبخیری سد 1، آب خروجی کشاورزی سد 2، آب خروجی از نیروگاه سد 2، آب تبخیری سد 2 می‌باشد که کلاً ماتریس دارای 96 عضو می‌شود که معیاری از 0 تا 100 درصد حالت میانگین 15 ساله هر کدام از موارد و فاکتورها را



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



می توانند دارا باشند. این ماتریس برای الگوریتم ژنتیک نقش ژن و برای الگوریتم رقابت استعماری نقش کشور و برای الگوریتم مورچگان نقش مورچه را در کد نویسی ایفا می کند.

جدول (3): ماتریس داده های ساخته شده برای الگوریتمها

تغییر سدا	خروجی نیروگاه سدا	خروجی کشاورزی سدا	تغییر سدا	خروجی کشاورزی سدا	خروجی نیروگاه سدا	سرشاخه های سدا	سرشاخه های سدا
$E_2(1) \dots$	$V_2(1)$	$R_2(1)$	$E_1(1)$	$R_1(1)$	$V_1(1)$	$M_1(1)$	فرودین
$E_2(2) \dots$	$V_2(2)$	$R_2(2)$	$E_1(2)$	$R_1(2)$	$V_1(2)$	$M_1(2)$	اردیبهشت
$E_2(3) \dots$	$V_2(3)$	$R_2(3)$	$E_1(3)$	$R_1(3)$	$V_1(3)$	$M_1(3)$	خرداد
$E_2(4) \dots$	$V_2(4)$	$R_2(4)$	$E_1(4)$	$R_1(4)$	$V_1(4)$	$M_1(4)$	تیر
$E_2(5) \dots$	$V_2(5)$	$R_2(5)$	$E_1(5)$	$R_1(5)$	$V_1(5)$	$M_1(5)$	مرداد
$E_2(6) \dots$	$V_2(6)$	$R_2(6)$	$E_1(6)$	$R_1(6)$	$V_1(6)$	$M_1(6)$	شهریور
$E_2(7) \dots$	$V_2(7)$	$R_2(7)$	$E_1(7)$	$R_1(7)$	$V_1(7)$	$M_1(7)$	مهر
$E_2(8) \dots$	$V_2(8)$	$R_2(8)$	$E_1(8)$	$R_1(8)$	$V_1(8)$	$M_1(8)$	آبان
$E_2(9) \dots$	$V_2(9)$	$R_2(9)$	$E_1(9)$	$R_1(9)$	$V_1(9)$	$M_1(9)$	آذر
$E_2(10) \dots$	$V_2(10)$	$R_2(10)$	$E_1(10)$	$R_1(10)$	$V_1(10)$	$M_1(10)$	دی
$E_2(11) \dots$	$V_2(11)$	$R_2(11)$	$E_1(11)$	$R_1(11)$	$V_1(11)$	$M_1(11)$	بهمن
$E_2(12) \dots$	$V_2(12)$	$R_2(12)$	$E_1(12)$	$R_1(12)$	$V_1(12)$	$M_1(12)$	اسفند

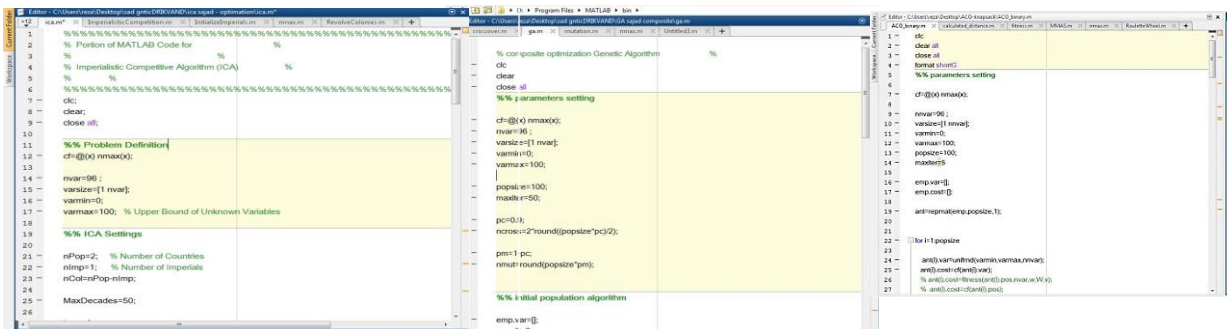
جدول (4): تعدادی از پارامترها مربوط به فایل ورودی برنامه بهینه ساز الگوریتم ژنتیک

Pm	PC	$N_{CROS}$	$N_{MUT}$	$N_{POP}$	Matrix	شماره طرح	تابع
0.1	0.9	450	50	500	200	1	F

جدول (5): تعدادی از پارامترها مربوط به فایل ورودی برنامه بهینه ساز الگوریتم رقابت استعماری

تعداد کشورهای اولیه	تعداد امپراتوری های اولیه	ماکزیمم تعداد تکرار	تعداد داده ها
100	10	20	96

## 12- اجرای الگوریتمها و استخراج نتایج از آنها



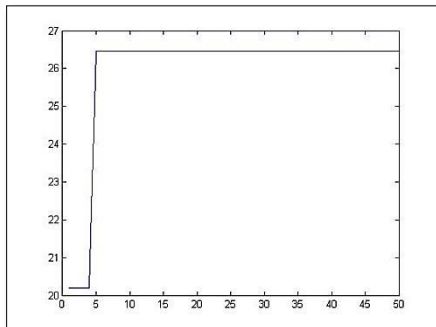
شکل (8): نمایی از الگوریتم رقابت استعماری در متلب

شکل (7): نمایی از الگوریتم ژنتیک در متلب

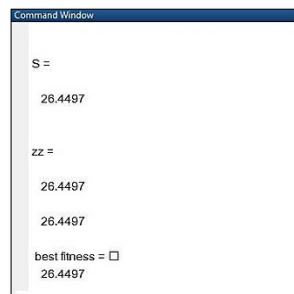
شکل (6): نمایی از الگوریتم مورچگان در متلب



## 1-12- جواب‌های نهایی الگوریتم ژنتیک



نمودار(2): نمودار تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک



شکل(9): مقدار نهایی تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک

```
I1 =
Columns 1 through 5
    34.568    7.414    14.378    1.971    3.8532
Columns 6 through 10
    2.1411    8.5656    11.555    0.649    8.4214
Columns 11 through 12
    14.528    2.4516
I2 =
Columns 1 through 5
    37.501    67.712    13.912    4.3907    6.7872
Columns 6 through 10
    9.2078    31.281    7.5333    19.085    48.21
Columns 11 through 12
    7.22    12.997
```

شکل(11): آب ورودی به سدها، الگوریتم ژنتیک در

ماه‌های سال

```
EA1 =
Columns 1 through 5
    0.5796    0.0285    1.4448    0.6615    1.0212
Columns 6 through 10
    0.85    0.5952    0.2838    0.1558    0.0384
Columns 11 through 12
    0.1395    0.02
EA2 =
Columns 1 through 5
    0.4788    1.8048    2.4656    1.064    0.4977
Columns 6 through 10
    0.047    0.1261    0.037    0.041    0.0084
Columns 11 through 12
    0.0972    0.0598
```

شکل(10): آب تبخیر شده از سدها، الگوریتم ژنتیک

```
MA1 =
Columns 1 through 5
    34.568    7.414    14.378    1.971    3.8532
Columns 6 through 10
    2.1411    8.5656    11.555    0.649    8.4214
Columns 11 through 12
    14.528    2.4516
MA2 =
Columns 1 through 5
    37.122    60.466    11.96    0.983    4.9536
Columns 6 through 10
    4.0158    21.06    7.449    13.28    45.391
Columns 11 through 12
    7.1624    10.648
```

شکل(14): آب ورودی به

الگوریتم ژنتیک

```
VA1 =
Columns 1 through 5
    0.3792    7.2468    1.9521    3.4077    1.8336
Columns 6 through 10
    5.192    10.221    0.0843    5.8058    2.8184
Columns 11 through 12
    0.0578    2.349
VA2 =
Columns 1 through 5
    6.8144    7.238    9.7149    8.2152    3.2352
Columns 6 through 10
    3.0492    9.0898    11.049    10.913    0.8729
Columns 11 through 12
    8.7703    5.215
```

شکل(13): آب خروجی از سدها جهت نیروگاه

برقایی سدها، الگوریتم ژنتیک

```
RA1 =
Columns 1 through 5
    0.4446    11.823    0.0364    4.2237    6.8913
Columns 6 through 10
    0.2275    0.3567    0.1615    0.0043    0.2816
Columns 11 through 12
    0.1078    3.84
RA2 =
Columns 1 through 5
    1.0227    4.788    0.5859    4.1454    15.413
Columns 6 through 10
    0.4914    0.143    0.7821    0.095    2.6565
Columns 11 through 12
    4.4888    10.72
```

شکل(12): آب خروجی از سدها جهت مصارف

کشاورزی، الگوریتم ژنتیک

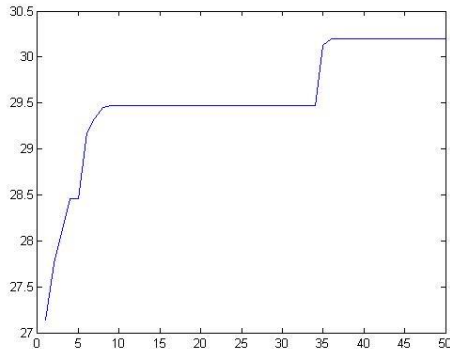




# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



## 12-2- جواب‌های نهایی الگوریتم رقابت استعماری



نمودار(3): مقدار تابع برازندگی، الگوریتم رقابت استعماری

S =
-30.1972
zz =
-30.1972
30.1972
best fitness = □
Decade 50: Best Cost = -30.1972, Mean
best =

شکل(15): مقدار تابع برازندگی، الگوریتم رقابت استعماری

I2 =	I1 =
Columns 1 through 3	Columns 1 through 3
86.5082 23.2116 1.5912	35.6832 4.4484 8.7360
Columns 4 through 6	Columns 4 through 6
7.5283 9.1680 8.3888	0.2970 6.1854 2.1411
Columns 7 through 9	Columns 7 through 9
4.6029 58.6659 9.9455	9.4944 5.1496 2.9854
Columns 10 through 12	Columns 10 through 12
6.5359 12.2920 26.9492	11.0916 8.3016 0.6129

شکل(18): آب ورودی به سدها، الگوریتم رقابت استعماری

RA2 =	RA1 =
Columns 1 through 3	Columns 1 through 3
8.0355 10.3740 0.3150	2.2230 6.3986 0.7644
Columns 4 through 6	Columns 4 through 6
7.8960 16.7960 0	0.7410 1.7784 0.3003
Columns 7 through 9	Columns 7 through 9
0.4810 0.5445 0.7220	0.8004 0.2805 0.1548
Columns 10 through 12	Columns 10 through 12
1.0695 4.5600 8.9600	0.0220 0.4774 0

شکل(17): آب خروجی از سدها جهت مصارف کشاورزی، الگوریتم رقابت استعماری

EA2 =	EA1 =
Columns 1 through 3	Columns 1 through 3
0.3528 1.2288 1.3400	0.4410 0.1615 0.5040
Columns 4 through 6	Columns 4 through 6
1.5010 0.4725 0.1861	0.9639 1.3616 0.7140
Columns 7 through 9	Columns 7 through 9
0.1235 0.0210 0.0425	0.3100 0.0860 0.1681
Columns 10 through 12	Columns 10 through 12
0.0516 0.0312 0.0276	0.0928 0.1488 0.4300

شکل(16): آب تبخیر شده از سدها، الگوریتم رقابت استعماری

MA2 =	MA1 =
Columns 1 through 3	Columns 1 through 3
82.9058 18.6732 1.1574	35.6832 4.4484 8.7360
Columns 4 through 6	Columns 4 through 6
1.0813 0 4.3650	0.2970 6.1854 2.1411
Columns 7 through 9	Columns 7 through 9
4.2900 56.7270 7.9677	9.4944 5.1496 2.9854
Columns 10 through 12	Columns 10 through 12
5.7771 11.2552 24.3392	11.0916 8.3016 0.6129

شکل(20): آب ورودی به سدها از سرشاخه‌ها، الگوریتم رقابت استعماری

VA2 =	VA1 =
Columns 1 through 3	Columns 1 through 3
10.3350 0 7.3320	3.6024 4.5384 0.4338
Columns 4 through 6	Columns 4 through 6
11.1492 8.0880 13.5036	6.4470 9.1680 4.0238
Columns 7 through 9	Columns 7 through 9
10.2502 5.3506 1.3095	0.3129 1.9389 1.9778
Columns 10 through 12	Columns 10 through 12
12.3453 0 0	0.7588 1.0368 2.6100

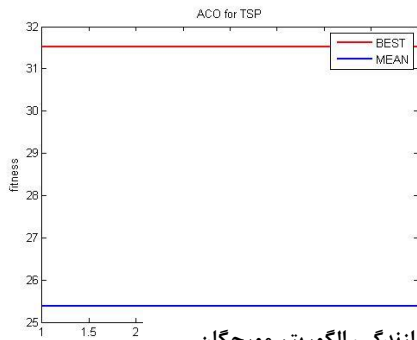
شکل(19): آب تبخیر شده از سدها، الگوریتم رقابت استعماری



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



## 3-12- جواب‌های نهایی الگوریتم مورچگان



```

=====
) 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1

```

شکل(21): مقدار تابع برازندگی، الگوریتم مورچگان

نمودار(4): نمودار جوی

```

RA1 =
Columns 1 through 4
1.4820 5.2858 0.8099 4.9647
Columns 5 through 8
2.8899 0.9100 0.5829 0.6120
Columns 9 through 12
0.3870 0.0352 1.2166 3.9000
RA2 =
Columns 1 through 4
13.2951 5.5860 0.5481 3.3568
Columns 5 through 8
9.6824 0.0441 0.4615 0.2970
Columns 9 through 12
0.5890 1.5180 3.4656 6.8800
fx

```

```

EA1 =
Columns 1 through 4
0.2709 0.2860 0.6216 1.2285
Columns 5 through 8
0.2516 0.0085 0.4216 0.0473
Columns 9 through 12
0.3198 0.1984 0.0372 0.2150
EA2 =
Columns 1 through 4
1.0458 1.7864 1.5276 0.8550
Columns 5 through 8
0.2961 0.0996 0.0819 0.0670
Columns 9 through 12
0.0085 0.0354 0.0996 0.0414
fx

```

```

Command Window
I1 =
Columns 1 through 4
31.9662 4.0777 2.0020 1.7550
Columns 5 through 8
7.6050 0.0351 4.3344 1.7584
Columns 9 through 12
9.7350 17.8698 9.3393 1.0215
I2 =
Columns 1 through 4
48.9704 81.8364 11.3316 9.3269
Columns 5 through 8
10.6950 8.3417 2.7617 12.5913
Columns 9 through 12
18.6688 5.6318 22.6360 66.3736
fx

```

شکل(24): خروجی آب از سدها جهت الگوریتم مورچگان

شکل(23): تبخیر آب از سدها الگوریتم مورچگان

شکل(22): ورودی آب به سدها الگوریتم مورچگان

```

MA1 =
Columns 1 through 4
31.9662 4.0777 2.0020 1.7550
Columns 5 through 8
7.6050 0.0351 4.3344 1.7584
Columns 9 through 12
9.7350 17.8698 9.3393 1.0215
MA2 =
Columns 1 through 4
44.5464 78.2496 8.8734 0.3932
Columns 5 through 8
4.8504 3.9285 0.7800 7.4490
Columns 9 through 12
12.3942 3.3012 17.3944 64.6510
fx

```

شکل(26): ورودی آب به سدها از سرشاخه‌ها، الگوریتم مورچگان

```

VA1 =
Columns 1 through 4
4.4240 3.5868 2.4582 8.9337
Columns 5 through 8
5.8446 4.4132 1.9817 5.1423
Columns 9 through 12
4.2746 2.3308 5.2416 1.7226
VA2 =
Columns 1 through 4
5.5120 4.4415 6.4155 7.8240
Columns 5 through 8
19.4112 14.8104 18.3730 7.0766
Columns 9 through 12
10.6215 12.3453 2.0502 9.5956
fx

```

شکل(25): خروجی آب از سدها جهت مصارف تأمین برق نیروگاه برقایی، الگوریتم مورچگان

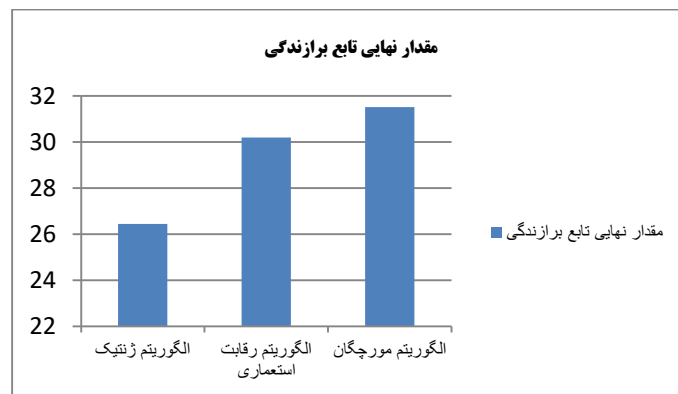


# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

12-4- مقایسه جواب‌های نهایی الگوریتم‌ها

جدول (6): جدول مقایسه جواب‌های نهایی الگوریتم‌ها

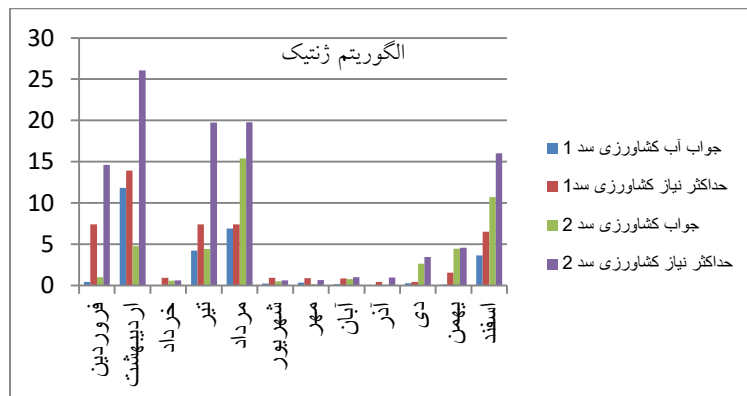
26.4497	مقدار نهایی تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک
30.1972	مقدار نهایی تابع برازندگی الگوریتم رقابت استعماری
31.5162	مقدار نهایی تابع برازندگی الگوریتم مورچگان



نمودار (5): نمودار مقایسه جواب‌های نهایی الگوریتم‌ها

با توجه به نمودارها می‌توان بیان کرد که الگوریتم مورچگان که جواب بالاتری از تابع برازندگی نشان داده است علاوه بر تأمین نیازهای آبی نیروگاهی و نیازهای آبی کشاورزی مقدار آب بیشتری ذخیره نموده حدود 31/50 درصد ظرفیت سد؛ و سپس الگوریتم رقابت استعماری با 30 درصد و نهایتاً الگوریتم ژنتیک با 26 درصد ذخیره آب عنوان شده‌اند.

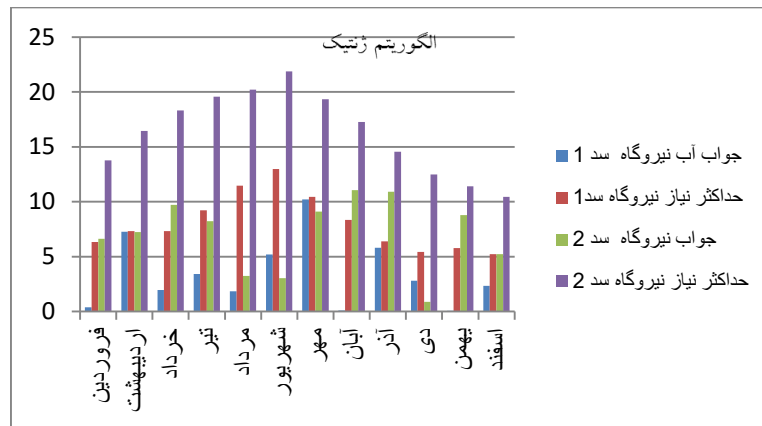
13- مقایسه آب خروجی از سدها جهت مصارف (کشاورزی - نیروگاه)، نسبت به حداکثر نیاز (کشاورزی - نیروگاه) ماه‌های سال



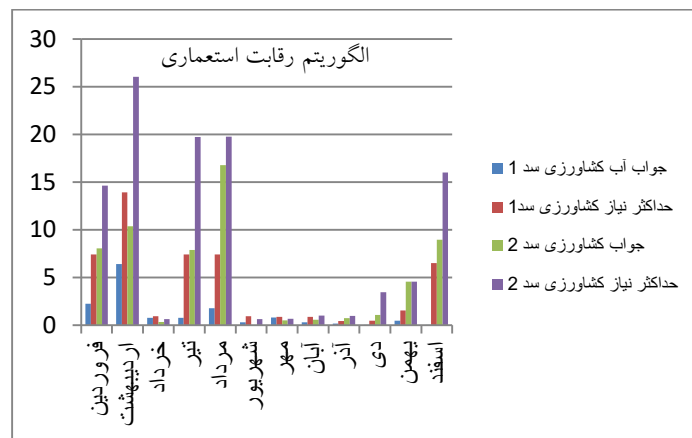
نمودار (6): نمودار مقدار آب خروجی از سدها جهت مصارف کشاورزی، الگوریتم ژنتیک در ماه‌های سال نسبت به حداکثر نیاز کشاورزی در آن ماهه



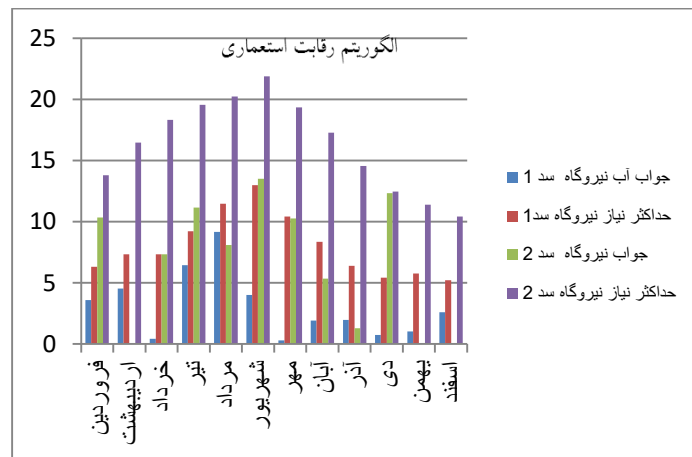
# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



نمودار (7): نمودار مقدار آب خروجی از سدها جهت نیروگاه برقابی سدها، الگوریتم ژنتیک در ماه‌های سال نسبت به حداکثر نیاز نیروگاه‌ها در آن ماه‌ها



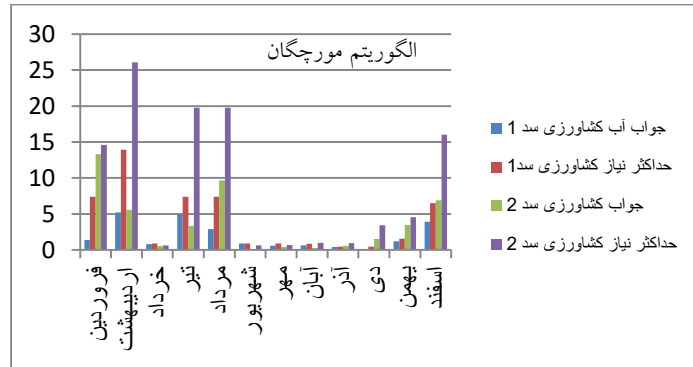
نمودار (8): نمودار مقدار آب خروجی از سدها جهت مصارف کشاورزی، الگوریتم رقابت استعماری در ماه‌های سال نسبت به حداکثر نیاز کشاورزی در آن ماه‌ها



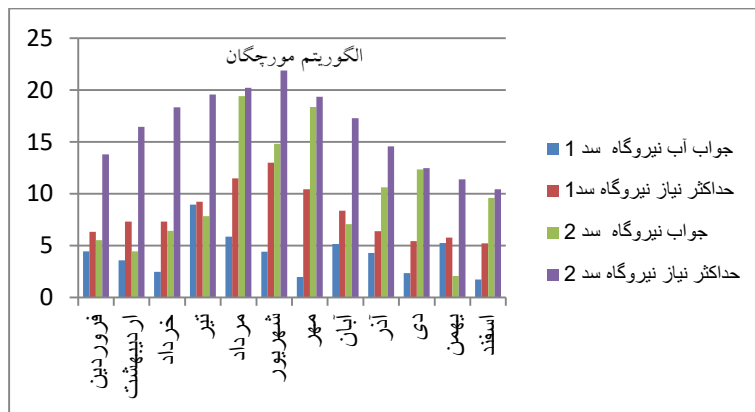
نمودار (9): نمودار مقدار آب خروجی از سدها جهت نیروگاه برقابی سدها، الگوریتم رقابت استعماری در ماه‌های سال نسبت به حداکثر نیاز نیروگاه‌ها در آن ماه‌ها



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



نمودار (10): نمودار مقدار خروجی آب از سد‌ها جهت مصارف کشاورزی الگوریتم مورچگان در ماه‌های سال نسبت به حداکثر نیاز کشاورزی در آن ماه‌ها



نمودار (11): نمودار مقدار خروجی آب از سد‌ها جهت تأمین برق نیروگاه برق‌بایی، الگوریتم مورچگان در ماه‌های سال نسبت به حداکثر نیاز نیروگاه‌ها در آن ماه‌ها

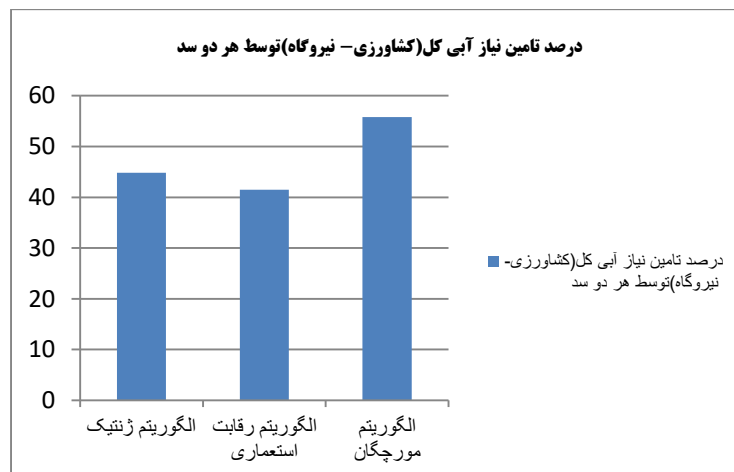
جدول (7): مقایسه درصد تأمین آب‌های مصرفی توسط هر سد

درصد تأمین نیاز آبی کل (کشاورزی-نیروگاه) توسط هر دو سد	درصد تأمین نیاز آبی نیروگاه توسط هر 2 سد	درصد تأمین نیاز آبی نیروگاه توسط سد 2	درصد تأمین نیاز آبی نیروگاه توسط سد 1	درصد تأمین نیاز آبی کشاورزی توسط هر 2 سد	درصد تأمین نیاز آبی کشاورزی توسط سد 2	درصد تأمین نیاز آبی کشاورزی توسط سد 1	
44/80	43/69	44/72	42/67	45/9	53/9	37/9	الگوریتم ژنتیک
41/47	37/9	38/8	37	45/05	35/3	54/97	الگوریتم رقابت استعماری
55/79	57/17	60/28	54	54/41	48/74	60/09	الگوریتم مورچگان

# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



نمودار(12): مقایسه درصد تأمین آب‌های مصرفی توسط هر سد



نمودار(13): درصد تأمین نیاز آبی کل (کشاورزی - نیروگاه) توسط هر دو سد

با توجه به نمودارها می‌توان بیان کرد که الگوریتم مورچگان درصد بالاتری از تأمین نیازهای آبی نیروگاهی و نیازهای آبی کشاورزی را برطرف نموده 56 حداکثر ظرفیت نیاز آبی منطقه؛ و سپس الگوریتم ژنتیک با 45 درصد و نهایتاً الگوریتم رقابت استعماری با 42 درصد نیاز آب منطقه عنوان شده‌اند.

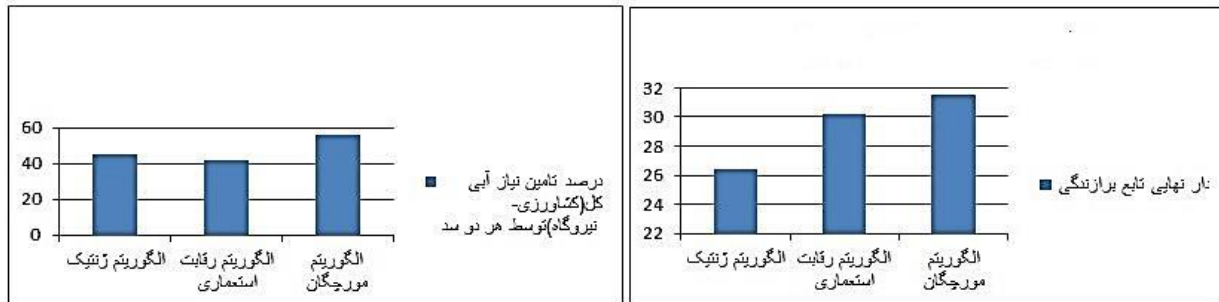
## 14- نتیجه‌گیری

در این تحقیق بهینه‌یابی بهره‌برداری از یک سیستم دو مخزن شامل سدهای کارون 3 و کارون 4 با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک و الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم مورچگان انجام گردید. به دلیل نقش مهم مخزن سد کارون 3 و کارون 4 در کشاورزی و تأمین آب نیروگاه‌های کارون 3 و کارون 4 محاسبات مربوط به بهینه‌سازی بهره‌برداری از آنها، لحاظ گردید. با استفاده از آمار مربوط هرماه از سال دارای 8 فاکتور بوده که به ترتیب سرشاخه‌های سد 1، سرشاخه‌های سد 2، آب خروجی از نیروگاه 1، آب خروجی کشاورزی از سد 1، آب تبخیری سد 1، آب تبخیری سد 2، آب خروجی از سد 2، آب خروجی از سد 2، آب تبخیری سد 2 می‌باشد که کلاً دارای 96 فاکتور متغیر می‌شود که معیاری از 0 تا 100 درصد حالت میانگین 15 ساله هر کدام از موارد و فاکتورها را می‌توانند دارا باشند، برنامه بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم دو مخزن نام‌برده به روش الگوریتم ژنتیک



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

چند جمعیتی، الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم مورچگان در نرم افزار MATLAB اجرا شده و پاسخ های به دست آمده در زمینه های حجم آب خروجی در ماه های مختلف جهت مصارف کشاورزی و نیروگاهی و همچنین حجم آب رهاشده از هر یک از مخازن به پایین دست، مورد ارزیابی قرار گرفت. برنامه نرم افزاری الگوریتم ها در نرم افزار متلب نگاشته شده است. با مقایسه نتایج الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم ژنتیک و الگوریتم مورچگان مشخص می گردد، نتایج به دست آمده از الگوریتم مورچگان از ارزش بهینه سازی بالاتری برخوردارند و مقدار تابع ارزش در خروجی آن بالاتر هست و همچنین با سرعت بیشتری به جواب بهینه می رسد و سپس الگوریتم رقابت استعماری و در آخر الگوریتم ژنتیک.



نمودارهای (14-15): مقایسه جواب های درصد ذخیره آب و درصد تأمین نیاز آبی منطقه توسط هر الگوریتم

نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد که الگوریتم مورچگان هم ارزش تابع برازندگی بالاتری دارد یعنی مقدار بیشتری آب در پشت سد ذخیره نموده و هم جوابگوی درصد بیشتری از نیازهای آبی نیروگاهی و کشاورزی بوده است پس پاسخ بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک و رقابت استعماری دارد.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

## مراجع

- [1]. اسلامی، حر. ۱۳۸۹. کاربرد برنامه‌ریزی آرمانی و الگوریتم ژنتیک در بهره‌برداری بهینه از سیستم چندسدی- چند منظوره (مطالعه موردی سدهای وشمگیر، گلستان و بوستان) پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۹ ص.
- [2]. برهانی داریان، ع؛ و مرتضوی نائینی، م. ۱۳۸۷. مقایسه کاربرد روش های کاوشی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب. مجله آب و فاضلاب. شماره ۶۸. سال ۱۳۸۷، ص ۹۶-۵۷
- [3]. بزرگ حداد، ا. افشار، ع؛ و افشار، م. ۱۳۸۷. الگوریتم بهینه یابی جفت‌گیری زنبورهای عسل (HBMO) در حل مسائل بهینه‌سازی. نشریه بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران. شماره ۲. جلد ۱۹. تابستان ۱۳۸۷. ص ۹۹-۱۱۲
- [4]. بنی بشر، م.، اعلمی، م. و عباسی، ح. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی بهره‌برداری از سد چندمنظوره علویان با استفاده از الگوریتم جامعه مورچگان. مجله دانش آب و خاک. جلد ۱ شماره ۳.
- [5]. بهلول، م.، مفتاح هلقی، م. و ظهیری، ع. ۱۳۹۰. ارزیابی الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جست و جوی الگو برای مسئله بهینه‌سازی بهره‌برداری از سدهای چند مخزنی. اولین کنفرانس بین‌المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برق آبی ۱۳۹۰
- [6]. جنت رستمی، س.، خلقی، م. و بزرگ حداد، ا. ۱۳۸۹. مدیریت بهره‌برداری از سدهای مخزنی با استفاده از الگوریتم اصلاح شده جست و جوی هارمونی. مجله دانش آب و خاک. جلد ۲۰. شماره ۳. سال ۱۳۸۹. ص ۷۱-۱۱
- [7]. قدمی، م.، قهرمان، ب.، شریفی، م. و رجبی مشهدی، ح. ۱۳۸۸. بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم های چند مخزنی منابع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک. مجله تحقیقات منابع آب ایران سال پنجم شماره ۲. پاییز ۱۳۸۸. ص ۱۵-۱.
- [8]. محتشم، م.، دهقانی، ا.، اکبرپور، ای، مفتاح هلقی، م. و اعتباری، ب. پیش‌بینی سطح ایستابی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: دشت بیرجند). مجله آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹. ص ۱۰-۱.
- [9]. مفتاح خلفی، م. و مساعدی، ا. ۱۳۸۷. تعیین حجم مخزن سد وشمگیر با توجه به احداث سد گلستان. گزارش نهایی طرح شرکت سهامی مدیریت منابع آب. ۱۲۰ ص-
- [10]. مقدسی، م.، مرید، س. و عراقی نژاد، ش. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی تخصیص آب در شرایط کم‌آبی با استفاده از روش های برنامه‌ریزی غیر خطی، هوش جمعی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی). مجله تحقیقات منابع آب ایران سال چهارم. شماره ۳. زمستان ۱۳۸۷. ص ۱۳-۱
- [11]. ممتحن، ش. و برهانی داریان، ع. ۱۳۸۶. کاربرد مقایسه‌ای الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم های چند مخزنی، مجله آب و فاضلاب. شماره ۵۶. سال ۱۳۸۶، ص ۲۰-۱۱
- [12]. سایت شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، [www.iwpcو.ir](http://www.iwpcو.ir)
- [13]. نوری، م.، شریفی، م. و رجبی مشهدی، ح. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی چندهدفه مخازن با استفاده از الگوریتم مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه تبریز. ژنتیک. سومین کنفرانس
- [14]. آتش پز گرگری اسماعیل، 1387، توسعه الگوریتم بهینه‌سازی رقابت استعماری و بررسی آرایبی آن، کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران
- [15]. عباسی کیا مصطفی، 1388، الگوریتم‌های فرا اکتشافی جستجو الگوریتم ژنتیک، چاپ اول، تهران: عابد 108 صفحه
- [16]. کورش عشقی؛ مهدی کریمی نسب؛ تحلیل الگوریتمها و طراحی روشهای فرابتکاری؛ انتشارات دانشگاه شریف؛ ۱۳۹۵
- [17]. Tayebian, A., Ali, T. A. M., Ghazali, A. H., & Malek, M. A. (2016). Optimization of exclusive release policies for hydropower reservoir operation by using genetic algorithm. Water resources management, 30(3), 1203-1216.
- [18]. Bhatshvar, Y. K., Mathur, H. D., Siguerdidjane, H., & Bhanot, S. (2015). Frequency stabilization for multi-area thermal-hydro power system using genetic algorithm-optimized fuzzy





# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



logic controller in deregulated environment. Electric Power Components and Systems, 43(2), 146-156.