نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال نهم. شماره سی و ششم. تابستان ۱۳۹۸

تخصیص بهینه منابع آب چاه‌نیمه سیستان با تأکید بر سناریوی تثبیت ریزگردها: کاربرد الگوریتم ژنتیک*

صفیه نوری[۱] جواد شهرکی[۲] علی سردارشهرکی [۳]

***مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.**

چکیده

یکی از مسائل مهم بهینه سازی در مدیریت منابع آب، مسأله بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها است. در خصوص مسائل بهینه‌سازی روش های مختلفی به کار گرفته شده که با توجه به عدم توانایی روش های بهینه‌سازی معمول، در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی، به کارگیری الگوریتم های فرا ابتکاری بیش از پیش مورد توجه قرارگرفته است. لذا در این تحقیق برای بهینه سازی مخازن آب چاه نیمه سیستان از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک استفاده شده است. هدف اصلی پژوهش حاضر تخصیص بهینه آب مخازن چاه نیمه به ذینفعان منطقه سیستان با استفاده از الگوریتم ژنتیک تحت سناریوهای مدیریتی با تأکید بر سناریوی تثبیت ریزگردها می باشد. نتایج الگوریتم ژنتیک نشان داد که در سال اول مقدار رهاسازی بهینه ۲۰/۳۵۳۱ میلیون متر مکعب و میزان تقاضا ۹۸/۳۱۲۱ میلیون متر مکعب می باشد که به مقدار ۷۷/۹۵۹ میلیون متر مکعب عدم تامین نیاز وجود دارد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که الگوریتم ژنتیک همانند تحقیقات گذشته توانسته است به جواب بهینه مناسبی دست پیدا کند. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده در سناریوی تثبیت ریزگردها ، پس از مدتی در صورت اجرای سناریوی مذکور، دیگر رهاسازی برای بخش کشاورزی (سال ۱۴۰۹ شمسی) امکان پذیر نمی باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم های فرا ابتکاری، بهینه سازی، مخازن، سناریوی مدیریتی، ژنتیک، رهاسازی

۱کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، safiye.nuri1367@gmail.com
[۲]نویسنده مسئول: دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان J.shahraki@eco.usb.ac.ir
۳استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان a.s.shahraki@eco.usb.ac.ir

مقدمه

کمبود منابع آب در دسترس از یک سو و از سوی دیگر افزایش مداوم تقاضای آب، موجب بر هم خوردن تعادل در سیستم‌های عرضه-تقاضای منابع آب شده است. بنابراین برنامه ریزی برای تخصیص کارآمد منابع آب اهمیت بسیاری پیدا کرده است. افزایش تعداد حقابه‌بران و تنوع آن‌ها در بیش تر حوضه های آب ریز، موجب شده است که تخصیص بهینه آب، بیش از پیش اهمیت پیدا کند (Momeni , 2005). تخصیص آب مخازن به بخش‌های مصرفی، بحثی چالش برانگیز و نیازمند تعیین اولویت، بسته به اهمیت بخش مصرفی در هر منطقه می باشد (طالبی و همکاران، ۱۳۹۲).

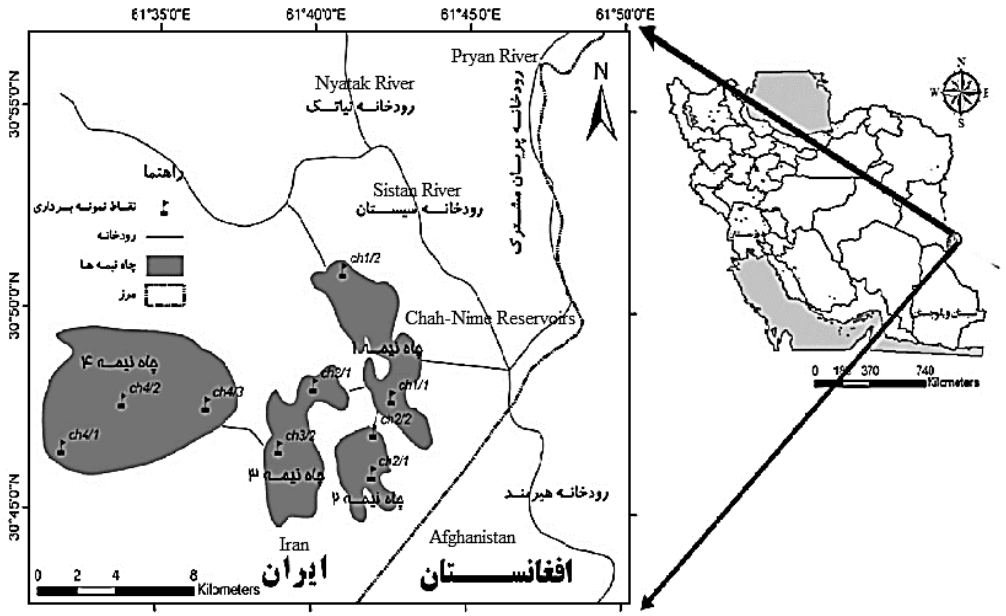
توسعه منطقه ای و ناحیه‌ای با منابع آب و کمیت و کیفیت آن ارتباط تنگاتنگ دارد. لذا استفاده بهینه از آب های انتقالی و ذخایر زیرزمینی امری حیاتی می باشد. همچنین نقش آب به عنوان یک عنصر اساسی در توسعه اقتصادی کشور، اهمیت کنترل و استفاده بهینه از منابع آب را دو چندان کرده است. استفاده صحیح و کارا از این کالای کمیاب، نیازمند برنامه ریزی است که ابزار برنامه ریزی، شناخت بعدهای اقتصادی این کالای کمیاب می باشد. یکی از چالش های موجود در مدیریت منابع آب، تخصیص بهینه آن بین بخش های مختلف است (محسنی و شهرکی، ۱۳۹۴؛ سردار شهرکی، ۱۳۹۵).

در مسائل پیچیده بهینه سازی مانند مسأله بهره برداری از مخزن سد، با افزایش ابعاد، تعداد متغیرها و تعداد قیدها، امکان حل این گونه مسائل با روش های مرسوم بهینه سازی و با روش های صریح محاسباتی موجود کاهش یافته و رسیدن به جواب بهینه مطلق در این شرایط بسیار مشکل است .به این ترتیب، استفاده از روش های کاوشی یا الگوریتم های تکاملی به عنوان یک روش بهینه سازی قدرتمند جهت بهینه سازی سیستم های تک مخزنه و چندمخزنه بسیار مورد توجه قرارگرفته است (زینلی و همکاران ، ۱۳۹۴).

منطقه سیستان از توزیع نامناسب زمانی و مکانی آب رنج می برد، و نیز با رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت، مواجه است، افزایش تقاضا در آب این منطقه اتفاقی ناگریز بوده و مدیریت منابع آب برای جلوگیری ازمواجهه با بحران آب و تنش های احتمالی الزامیست. نتایج حاصل از بررسی روند بلندمدت تغییر دبی رودخانه هیرمند گواه آن است که واریانس زیادی برای منابع عرضه آب در سالهای گوناگون وجود داشته است. برنامه ریزی منابع آب و تخصیص آن در یک حوزه آبریز اغلب یکی از بحث های مهم مدیریت منابع آب می باشد. در منطقه مورد مطالعه برنامه مدونی برای تخصیص بهینه مخازن آب چاه نیمه وجود ندارد و ضرورت یک برنامه تخصیص بهینه احساس می‌شود. از اینرو در مطالعه حاضر سعی شده است که از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک جهت تخصیص بهینه منابع آب مخازن چاه‌نیمه به بخش های مختلف وهمچنین کاربرد سناریوهای مدیریتی استفاده گردد.

رودخانه هیرمند و تأمین نیاز زیست محیطی هامون در شرایط حاد، همچنین وزش بادهای ۱۲۰ روزه به همراه بارندگی ناچیز سالانه، درجه حرارت بالا و خاک با نفوذپذیری کم از یک سو و محدودیت منابع آب زیرزمینی، منابع آب سطحی مشترک با کشور همسایه و عدم تسلط بر سرچشمه رود هیرمند در منطقه متعلق به ایران، شرایطی را به وجود آورده اندکه این ناحیه موقعیت ویژه ای داشته باشد. این در حالیست که میزان بارندگی در این منطقه یک پنم میانگین کشوری (۵۰ میلیمتر در سال) و میزان تبخیر ۲ تا ۲/۵ برابر میانگین کشوری می باشد (۳ تا ۴ هزار میلیمتر). تنها منبع آب در این منطقه مخازن چاه نیمه است (شکل ۱). مخازن مصنوعی آب شیرین چاه نیمه‌های سیستان به صورت گودال های طبیعی در

جنوب سیستان و در فاصله ۵ کیلومتری شهر زهک و ۳۰ کیلومتری شهر زابل با وسعت ۴۶ کیلومتر مربع در انتهای حوضه رودخانه هیرمند احداث شده است، این مخازن با آب باران و آب رودخانه سیستان پر می‌شود. حجم کل مخازن مربوط به چاه نیمه ها معادل ۱۴۴۰ میلیون مترمکعب می باشد که فقط حدود ۹۰۰ میلیون متر مکعب آن قابل استفاده است. این مخازن اصلی ترین منبع تأمین، بخش شرب و کشاورزی و محیط زیست منطقه است (سردارشهرکی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل (۱): موقعیت جغرافیای چاه‌نیمه‌های سیستان (۲۵)

در طی چند دهه اخیرتحقیقات زیادی در زمینه بهینه-سازی مخزن صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آنها اشاره خواهد شد. محمدرضاپور و همکاران (۱۳۹۴) مقایسه الگوریتم ازدحام ذرات و ژنتیک در بهینه سازی ضرایب معادله منحنی سنجه رسوب در برآورد دبی رسوب معلق رودخانه سیستان را مورد بررسی قرار دادند. هدف اصلی از این تحقیق استفاده از الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات برای بهینه کردن ضرایب معادله منحنی سنجه رسوب برای ایستگاه کهک بر روی رودخانه سیستان و مقایسه نتایج بدست آمده از این مدل ها با منحنی سنجه رسوب می باشد نتایج بدست آمده از مدل ها که در واقع کمینه کردن خطای حاصل از داده های محاسبه شده و مقادیر واقعی می باشد نشان دهنده این واقعیت است که مدل الگوریتم ژنتیک با مقدار ۳۳۴۸۴، ۴۷ تن در روز در ایستگاه کهک دارای کمترین مقدار جذر میانگین مربعات خطا و پس از آن، الگوریتم ازدحام ذرات با مقدار ۳۴۷۵۴، ۳۱ تن در روز و سپس منحنی سنجه رسوب با ۳۵۷۲۳، ۹۰ دارای کمترین مقادیر می‌باشند. (Hakimi et al., 2010) الگوریتم ژنتیک خودآموز (SLGA) را برای بهره‌برداری بهینه سیستم چند مخزنه کارون-دز، با هدف تأمین نیاز پایین دست، تولید نیروی برقابی و کنترل کیفیت آب پایین دست به کار گرفتند.

این الگوریتم تلفیقی از دو روش SOM[1] و VNS[2] است که می‌تواند حافظه‌ای را به الگوریتم ژنتیک برای افزایش دقت جستجوی موضعی اضافه کند و به این ترتیب از متوقف شدن فرآیند الگوریتم در بهینه موضعی، جلوگیری بعمل آورد و رسیدن به جواب بهینه عمومی را آسانتر کند.

(Kiafar and Sadradini, 2011) تحقیقی برای بهینه سازی مصرف آب در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک انجام دادند، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد مقادیر آب تخصیص یافته واقعی به مراتب بیشتراز از مقادیر بهینه می باشد که عمدتاً این اختلاف در محدوده مورد نظر به نوعی تلف شده است.

(Zhou and Yang, 2012) برای بهینه سازی بهره برداری از سیستم تک مخزنه در چین با هدف ماکزیمم نمودن تولید انرژی برقآبی در شرایط عدم قطعیت جریان ورودی به مخزن، از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است که نتایج کارایی GA در شرایط عدم قطعیت را نشان می دهد.

(Pradhan and Tripathy, 2013) مدلی برای بهره برداری بهینه چند منظوره از مخزن هیدراکود ۵ در هند، بر مبنای الگوریتم GA تو سعه دادند مقایسه نتایج الگوریتم ژنتیک با سیاست فعلی، بیانگر توانایی و تأثیر GA می باشد.

(Hajiabadi and Zarghami, 2014) از الگوریتم NSGAII برای بهینه‌سازی بهره‌برداری در حوضه سفیدرود با هدف تامین آب، تولید نیروی برقابی و تخلیه رسوب استفاده کردند. آنها سناریوهای مختلفی با در نظر گرفتن درصدهای مختلف تقاضای آب پایین دست، بعد از بدست آوردن حلهای مختلف بهینه پارتو، بوسیله تابع هدف وزنی و روش چانه‌زنی نامتقارن تعریف و با معرفی شاخص پایداری جدید، تحلیل کردند. نتایج نشان داد، این مدل نسبت به مدلهای کنونی در شرایط تخلیه رسوب عملکرد بهتری دارد.

(Sonaliya and Suryanarayana, 2014) با استفاده از الگوریتم ژنتیک به بهره برداری بهینه از مخزن یوکای (Ukai) در هند پرداختند. نتایج نشان داد که GA می‌تواند به طور کامل نیازهای پایین دست آبیاری را تأمین کند و رهاسازی را به حداقل بر ساند که منجر به صرفه جویی قابل توجهی در آب می‌شود.

بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد که الگوریتم های فرا ابتکاری بسیار مورد توجه پژوهشگران بوده است. ازاینرو با توجه به اهمیت و استفاده از منابع آب و تخصیص بهینه این منبع کمیاب بین مصارف مختلف در منطقه سیستان ضروری به نظر می رسد، که برنامه ایی جهت تحقق این هدف پایه ریزی شود. لذا در این تحقیق به بررسی تخصیص بهینه مخازن آب چاه نیمه سیستان با کاربرد الگوریتم ژنتیک تحت سناریوهای مدیریتی پرداخته می شود.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین مختصات جغرافیایی ´۳۳،°۵۹ تا ´۵۰،°۶۱ طول شرقی و ´۰۸،°۲۹ تا ´۵۱،°۳۲ عرض شمالی واقع شده است. از مراکز عمده جمعیتی در این حوضه شهرهای زاهدان و زابل می‌باشد. سیستان در انتهای یک حوضه‌ی وسیع و بسته‌ی داخلی قرار دارد که یکی از بزرگترین مناطق بیابانی دنیاست. این منطقه با مساحتی افزون بر ۸۰۰۰ کیلومترمربع از رسوبات رودخانه هیرمند در طول هزاران سال به

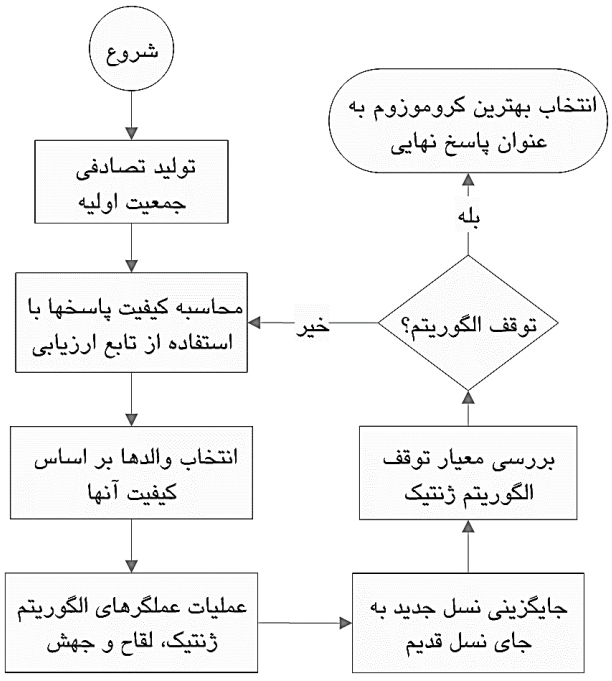
[1] Self-Organizing Map

[2] Variable Neighborhood Search

وجود آمده ا ست. دوره آماری پژوهش حا ضر ازمهرماه ۱۳۶۴ تا شـــهریور ماه ۱۳۹۵ به مدت ۳۸۴ ماه و برای ســـناریوهای مدیریتی به مدت ۳۶۰ ماه (از فروردین ۱۳۹۴ تا اسفند ۱۴۲۴) بوده است.

الگوریتم ژنتیک یک روش بهینه ســـازی الهام گرفته از طبیعت جاندار اســت که می توان در طبقه بندی ها از آن به عنوان یک روش عددی، جســـت وجوی م ستقیم و ت صادفی معرفی کرد. این الگوریتم مبتنی بر تکرار ا ست و ا صول اولیه آن از علم ژنتیک اقتباس گردیده اســت. در الگوریتم GA، ابتدا به طور تصـــادفی جامعه ای از کروموزوم ها ایجاد و ســـپس برازندگی آن ها محا سبه و تعیین می گردد. در ادامه به و سیله عملگرهای پیوند و جهش جامعه ای جدید با مقادیر برازندگی بالاتر تولید می شود (Goldberg , 1989).

مهم ترین عملگرهای الگوریتم GA شامل بُرش و جهش می باشد که عمل برش بر روی کروموزوم های افرادی که به عنوان والد انتخاب شـده اند اعمال می شـود و پس از اعمال برش ژن های دو والد از محل برش از هم جدا شده و باهم جابه جا می شوند. برش می تواند در یک نقطه از طول کروموزوم (برش تک نقطه ای) یا از دو نقطه (برش دو نقطه ای) یاچند نقطه (برش چند نقطه ای) صورت گیرد. عمل جهش نیز به صورت های گوناگونی می تواند اعمال شود از جمله این که یک ژن می تواند با ژنی دیگر در طول کروموزوم تعویض شود یا مقدار عددی یک یا چند ژن به طور تصـادفی تغییر کند. عمل تشـکیل کروموزوم نیز به طرق مختلف امکان پذیر اســت که می توان داده ها را به صـورت دودویی کد کرد و سـپس داده های کد شـده را کنار هم قرار داد یا خود داده های واقعی را کنار هم قرار داده که این کار ســـبب عدم افزایش بیش از حد طول رشـته می گردد (اکبرپور و موســـوی، ۱۳۸۵). چارت پژوهش در قالب الگوریتم ژنتیک در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۲): چارت الگوریتم ژنتیک در پژوهش حاضر

قیود زنجیره ای

در روش های معمول برای به کارگیری الگوریتم ها در حل م سائل بهینه سازی، معمولا رها سازی های اولیه به صورت تصادفی و بین دو عدد رهاسازی مینیمم و ماکزیمم انتخاب می شوند پس از آن، با توجه به رهاسازی بدست آمده قیود مورد بررسی قرار می گیرند و اگر تخطی ای از قیود صورت گرفته باشد مقدار آن تخطی به تابع هدف اضافه می شود اما با به کارگیری قیود زنجیره ای، همزمان با تعیین مقدار رهاسازی قیود نیز ارضاء می گردند .اما در مسائلی با قیود زنجیرهای تصمیم در هر مرحله(متغیر تصمیم) به تصمیمات گرفته شده در مراحل قبل(متغیرهای تصمیم قبلی)وابسته است. در م سائل بهره برداری مخزن ا صلی ترین قید م سئله، معادله پیو ستگی می باشد؛ که ماهیت این قید، یک قید زنجیرهای می باشد .این بدان معناست که متغیر حجم مخزن در هر گام زمانی به میزان متغیر حجم مخزن در گام زمانی قبل وابسته است و با مشخص بودن مقادیر و محدوده قیود متغیرها در گام زمانی قبل، می توان مقادیر و محدوده متغیرها در گام زمانی بعد را محاسبه نمود (معینی و افشار، ۱۳۸۷).

نتایج و بحث حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک (GA)

نتایج حاصل از پنج مرتبه اجرای الگوریتم با درنظر گرفتن قیود زنجیرهای در جدول (۱) نشان داده شده است. شرایط توقف اجرای الگوریتم به این صورت بوده است که اگر در طی ۵۰ تکرار متوالی، مقدار تابع هدف بیش از ۰/۱ تغییر نداشت (کم‌تر نشود) اجرای برنامه متوقف شود.

جدول (۱): مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا

شماره اجرا	تعداد تکرار	مقدار تابع هدف MCM
۱	۵۱۸	۵۴/۶۶۸۵
۲	۵۰۹	۵۴/۷۳۵۶
۳	۴۶۰	۵۴/۷۲۷۴
۴	۴۹۴	۵۴/۶۵۵۲
۵	۴۵۷	۵۴/۸۵۶۸

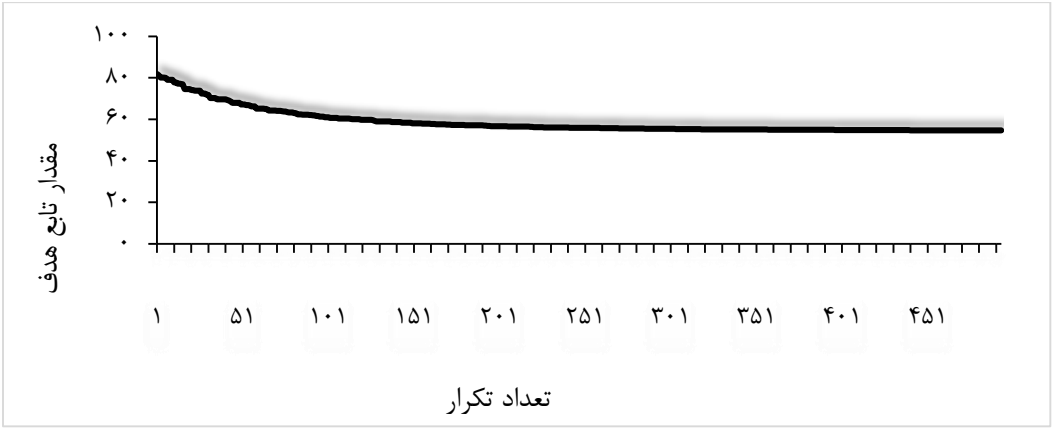
در جدول فوق مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا را نشان می دهد. در اجرای اول در تعداد تکرار ۵۱۸، مقدار تابع هدف ۵۴/۶۶۸۵ به دست آمده است در اجرای دوم در تعداد تکرار۵۰۹، مقدار تابع هدف ۵۴/۷۳۵۶ در اجرای سوم، تعداد تکرار۴۶۰، مقدار تابع هدف ۵۴/۷۲۷۴ و برای اجراهای چهارم و پنجم در تعداد تکرار ۴۹۴ و ۴۵۷ به ترتیب مقادیر ۵۴/۶۵۵۲ و ۵۴/۸۵۶۸ برای تابع هدف به دست آمده است. که در اجرای چهارم با تعداد تکرار ۴۹۴ مقدار کمتری برای تابع هدف نسبت به اجراهای دیگر به دست آمده است.

جدول (۲): مشخصات آماری عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا

میانگین مقدار تابع هدف	بهترین مقدار تابع هدف	بدترین مقدار تابع هدف
۵۴/۷۲۸۷	۵۴/۶۵۵۲	۵۴/۸۵۶۸

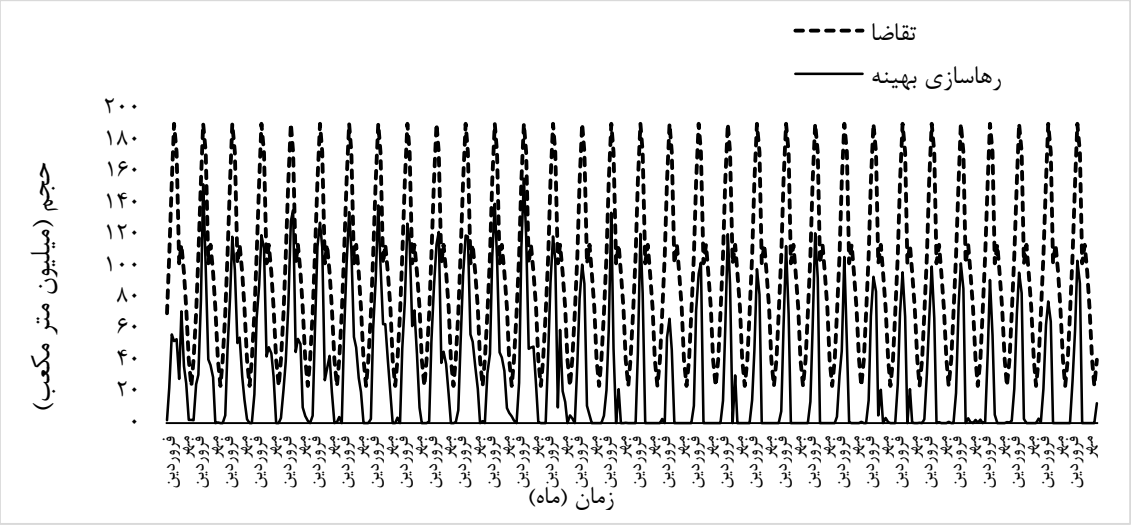
منبع: یافته های تحقیق (واحد: میلیون مترمکعب)

همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می گردد برای میانگین عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا مقدار۵۴/۷۲۸۷ به دست آمده است. همچنین بهترین مقدار تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک ۵۴/۶۵۵۲ و بدترین مقدار تابع هدف ۵۴/۸۵۶۸ می‌باشد. نحوه عملکرد الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در شکل (۲) آورده شده است.



شکل (۲): نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای

شکل (۲) نشان می‌دهد که عملکرد الگوریتم ژنتیک با افزایش تعداد تکرارها به مقداربهینه نزدیک می شود، با توجه به اینکه از ابتدای شروع عملکرد الگوریتم ژنتیک به مقدار تقریباً بهینه مناسبی رسیده است. همچنین در الگوریتم ژنتیک میزان رها سازی از مقدار تقاضا تخطی نداشته است.



شکل (۳): مقدار رهاسازی بهینه خروجی الگوریتم ژنتیک و تقاضا

در شکل (۳) رهاسازی بهینه حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک، میزان تقاضا را نشان می‌دهد که این میزان رهاسازی بدون تخطی از قیود بوده است.

نتایج و بحث حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک برای سناریوی اول: انتقال خط لوله دوم آب شرب به زاهدان

نتایج حاصل از ۵ مرتبه اجرای الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در جدول (۳) نشان داده شده است. همچنین میانگین، بهترین و بدترین مقدار تابع هدف در پنج مرتبه اجرای الگوریتم ژنتیک نیز در جدول (۴) ارائه گردیده است.

جدول (۳): مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو اول

شماره اجرا	مقدار تابع هدف MCM
۱	۵۳/۵۹۲۲
۲	۵۴/۶۷۲۴
۳	۵۴/۶۷۴۵
۴	۵۳/۲۲۲۴
۵	۵۳/۵۱۵۹

جدول ۳ مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو اول را نشان می دهد در اجرای اول مقدار تابع هدف ۵۳/۵۹۲۲، در اجرای دوم مقدار تابع هدف ۵۴/۶۷۲۴ و برای اجراهای سوم، چهارم و پنجم به ترتیب مقدار تابع هدف برابر است با ۵۴/۶۷۴۵ ، ۵۳/۲۲۲۴ و ۵۳/۵۱۵۹ که در اجرای چهارم مقدار کمتری برای تابع هدف با مقدار ۵۳/۲۲۲۴ به دست آمده است.

جدول (۴): مشخصات آماری عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو اول

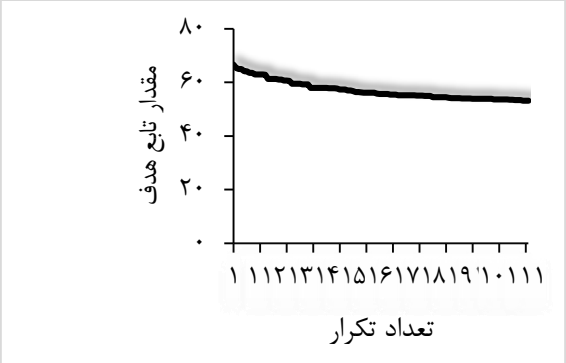
میانگین مقادیر تابع هدف	بهترین مقدار تابع هدف	بدترین مقدار تابع هدف
۵۳/۹۳۵۵	۵۳/۲۲۲۴	۵۴/۶۷۴۵

منبع: یافته های تحقیق (واحد: میلیون مترمکعب)

همانطور که در جدول فوق می توان دید عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریوی اول

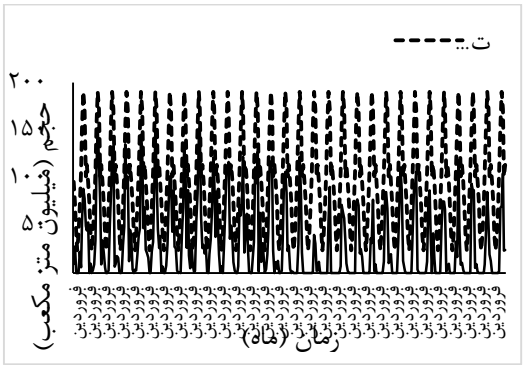
میانگین مقادیر تابع هدف برابر با۵۳/۹۳۵۵ و همینطور بهترین مقادیر برای تابع هدف ۵۳/۲۲۲۴ و بدترین مقدار برای تابع هدف ۵۴/۶۷۴۵ به دست آمده است.

با توجه به نتایج حاصله کاهش مقدار تابع هدف با فرض سناریو اول برای آینده مشاهده می گردد. در سناریو اول مقدار بیشتری از ذخیره مخازن چاه نیمه به شرب اختصاص داده می شود، بنابراین مقدار آب کمتری برای رفع نیازهای بخش کشاورزی در دسترس خواهد بود و با توجه به این کمبود بایستی مقدار تابع هدف افزایش یابد، اما کاسته شدن از طول دوره آماری تاثیر این افزایش را تحت الشعاع قرار داده است. نحوه عملکرد الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در شکل (۴) آورده شده است که مینیمم مقدار تابع هدف در این نمودار نشان داده شده است.



شکل (۴): نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای برای سناریو اول

شکل (۵) رهاسازی بهینه حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک و میزان تقاضا را نشان می‌دهد که این میزان رهاسازی بدون تخطی از قیود بوده است. از عملکرد الگوریتم ژنتیک اینطور مشاهده می گردد که با افزایش تعداد تکرار روند تقریبا ثابتی مقدار تابع هدف دارد.



شکل (۵): مقدار رهاسازی بهینه خروجی الگوریتم ژنتیک و تقاضا برای سناریو اول

نتایج و بحث حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک برای سناریوی دوم: تثبیت ریزگردها

نتایج حاصل از ۵ مرتبه اجرای الگوریتم با درنظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در جدول (۵) نشان داده شده است. همچنین میانگین، بهترین و بدترین مقدار تابع هدف در پنج مرتبه اجرای الگوریتم ژنتیک نیز در جدول (۶) ارائه گردیده است.

جدول (۵): مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو دوم

شماره اجرا	مقدار تابع هدف MCM
۱	۱۰۰/۶۲۰۴
۲	۹۹/۴۳۴۲
۳	۱۰۰/۳۵۸۷
۴	۱۰۰/۵۱۴۲
۵	۱۰۰/۱۴۴۹

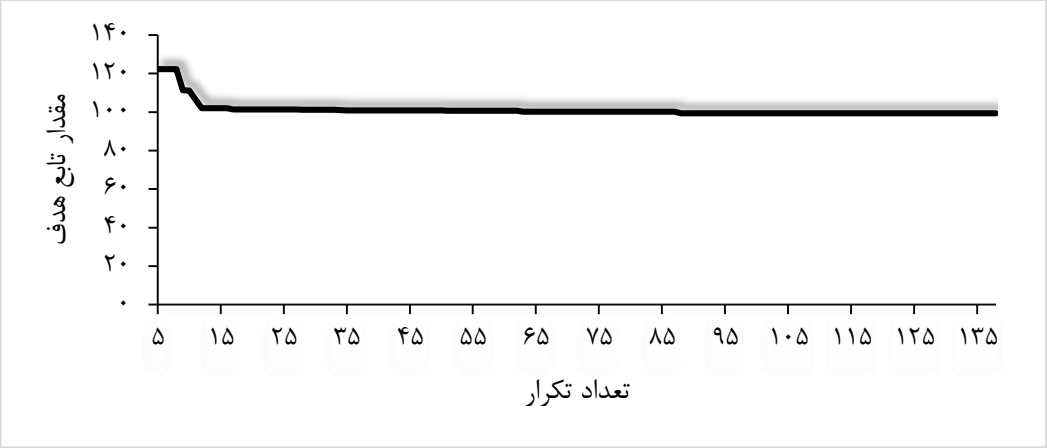
واضح است که در جدول فوق در اجرای اول مقدار تابع هدف ۱۰۰/۶۲۰۴، اجرای دوم مقدار تابع هدف ۹۹/۴۳۴۲، اجرای سوم مقدار تابع هدف ۱۰۰/۳۵۸۷، اجرای چهارم مقدار ۱۰۰/۵۱۴۲ برای تابع هدف و در نهایت در اجرای پنجم مقدار ۱۰۰/۱۴۴۹ برای تابع هدف به دست آمده است. همچنین در بین اجرا های مذکور، در اجرای دوم مقدار تابع هدف کمتری نسبت به سایر اجراها به دست آمده است.

جدول (۶): مشخصات آماری عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو دوم

میانگین مقادیر تابع هدف	بهترین مقدار تابع هدف	بدترین مقدار تابع هدف
۱۰۰/۲۱۴۵	۹۹/۴۳۴۲	۱۰۰/۶۲۰۴

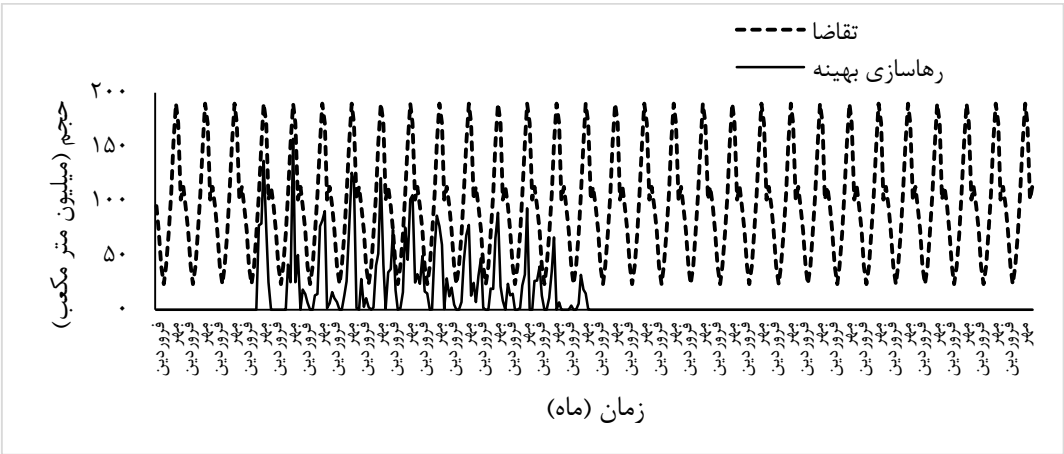
منبع: یافته های تحقیق (واحد: میلیون مترمکعب)

همانطور که ملاحظه می‌گردد میانگین مقادیر تابع هدف بدست آمده برای عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریوی دوم مقدار ۱۰۰/۲۱۴۵ و همچنین بهترین مقدار تابع هدف بدست آمده در سناریوی دوم برای الگوریتم ژنتیک مقدار ۹۹/۴۳۴۲ و بدترین مقدار تابع هدف ۱۰۰/۶۲۰۴ می باشد. در این الگوریتم نیز افزایش در مقدار تابع هدف قابل مشاهده است. نحوه عملکرد الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در نمودار (۵) آورده شده است که مینیمم مقدار تابع هدف در این شکل نشان داده شده است.



شکل (۶): نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای برای سناریو دوم

در شکل بالا ملاحظه می گردد که با افزایش تکرار مقدارتابع هدف در سناروی دوم افزایش پیدا میکند و از یک تکرار به بعد تغییری در تابع هدف مشاهده نمی گردد. شکل (۷) رهاسازی بهینه حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک، میزان تقاضا را نشان می‌دهد که این میزان رهاسازی بدون تخطی از قیود بوده است.



شکل (۷): مقدار رهاسازی بهینه خروجی الگوریتم ژنتیک و تقاضا برای سناریو دوم

در این الگوریتم پس از مدتی دیگر رها سازی برای بخش کشاورزی امکان پذیر نمی باشد و این سال، سال ۱۴۰۹ شمسی می باشد.

نتایج و بحث حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک برای سناریوی سوم: توسعه سطح زیر کشت بر اساس افق ۱۴۰۴

نتایج حاصل از پنج مرتبه اجرای الگوریتم با درنظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در جدول (۷) نشان داده شده است. همچنین میانگین، بهترین و بدترین مقدار تابع هدف در پنج مرتبه اجرای الگوریتم ژنتیک نیز در جدول (۸) نشان داده شده است.

جدول (۷): مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو سوم

شماره اجرا	مقدار تابع هدف MCM
۱	۶۴/۴۰۶۱
۲	۶۳/۲۵۰۶
۳	۶۵/۲۴۱۵
۴	۶۴/۶۵۶۸
۵	۶۴/۰۳۶۵

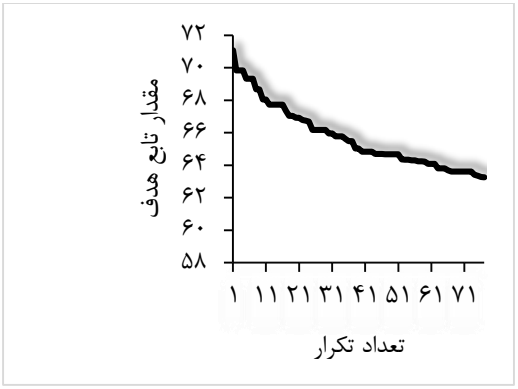
در جدول ۷مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو سوم آورده شده است در اجرای اول برای تابع هدف مقدار ۶۴/۴۰۶۱، برای اجرای دوم مقدار ۶۳/۲۵۰۶ برای تابع هدف، اجرای سوم مقدار۶۵/۲۴۱۵ برای تابع هدف و برای اجراهای چهارم و پنجم به ترتیب مقدار های ۶۴/۶۵۶۸ و ۶۴/۰۳۶۵ حاصل شده است. که در اجرای دوم نسبت به اجراهای اول ، سوم، چهارم و پنجم مقدار کمتری برای تابع هدف (۶۳/۲۵۰۶) به دست آمده است.

جدول (۸): مشخصات آماری عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو سوم

میانگین مقادیر تابع هدف	بهترین مقدار تابع هدف	بدترین مقدار تابع هدف
۶۴/۳۱۸۳	۶۳/۲۵۰۶	۶۵/۲۴۱۵

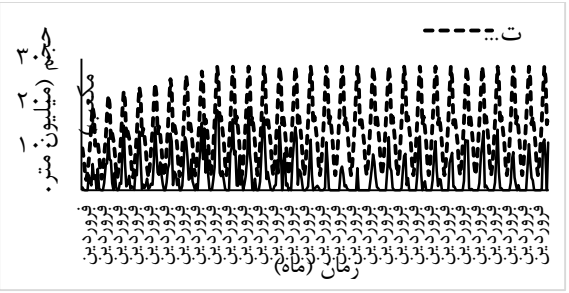
در جدول ۸ واضح است میانگین مقادیر تابع هدف برای عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریوی سوم ۶۴/۳۱۸۳ و مقدار بهترین تابع هدف برابر۶۳/۲۵۰۶ و بدترین مقداری که برای تابع هدف به دست آمده است برابر با ۶۵/۲۴۱۵ می باشد.

که بهترین عملکرد در بین الگوریتم‌ها برای سناریو سوم می باشد. نحوه عملکرد الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در شکل (۸) آورده شده است که مینیمم مقدار تابع هدف در این شکل نشان داده شده است.



شکل (۸): نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای برای سناریو سوم

همانطور که در شـــکل فوق ملاحظه می گردد، عملکرد الگوریتم ژنتیک یک روند نوســان پذیری را در تکرارهای مختلف برای تابع هدف نشان می دهد. شکل (۹) رها سازی بهینه حا صل از اجرای الگوریتم ژنتیک، میزان تقاضا را نشان می‌دهد.



شکل (۹): مقدار رهاسازی بهینه خروجی الگوریتم ژنتیک و تقاضا برای سناریو سوم

همانطور که در شـــکل بالا ملاحظه می گردد رها سازی به نیاز تقا ضا پا سخ داده ا ست و رها سازی تخطی از تقاضا نداشته است.

نتیجه گیری

در این تحقیق کاربرد الگوریتم ژنتیک در تخصـــیص بهینه منابع آب چاه نیمه سیستان در یک دوره ۳۶۰ ماه از ســـال ۱۳۹۴ مورد بررســـی قرار گرفت. هدف ا صلی پژوهش حا ضر تخ صیص بهینه آب مخازن چاه نیمه به ذینفعان منطقه ســـیســـتان با اســـتفاده از الگوریتم ژنتیک تحت سناریوهای مدیریتی با تأکید بر سناریوی تثبیت ریزگردها می باشد.

با توجه به نتایج حاصـله کاهش مقدار تابع هدف با فرض ســـناریو اول برای آینده مشـــاهده می گردد. در ســـناریو اول مقدار بیشـــتری از ذخیره مخازن چاه نیمه به شـــرب اختصـــاص داده می شـــود، بنابراین مقدار آب کمتری برای رفع نیازهای بخش کشاورزی در دسترس خواهد بود و با توجه به این کمبود بایســـتی مقدار تابع هدف افزایش یابد، اما کاسته شدن از طول دوره آماری تاثیر این افزایش را تحت الشعاع قرار داده ا ست. مقدار تابع هدف در ســـناریو دوم بیشـــتر از حالت پایه شـــده اســـت و حتی تاثیرگذاری ۲ ســـال کوتاه‌تر شـــدن طول دوره مورد بررســـی نیز چشـــم‌گیر نمی‌باشـــد. اما دلیل افزایش در مقدار تابع هدف را میتوان در ماهیت سناریو جســـت‌وجو نمود، زیرا در این ســـناریو برای ریزگردها میزان رهاســـازی برای بخش کشـــاورزی در برخی از ماه‌ها زیاد می باشـــد. به همین دلیل مقدار ذخیره مخزن که به بخش کشاورزی اختصاص می یابد، بسیار کاهش یافته و این کمبود نیز به نوبه خود بر مقدار تابع هدف تأثیر می گذارد. در ســـناریوی ســـوم عملکرد الگوریتم ژنتیک یک روند نوسان پذیری را در تکرارهای مختلف برای تابع هدف نشـــان داد و رهاســـازی به نیاز تقاضـــا پاســـخ داده اســـت و رهاســـازی تخطی از تقاضـــا نداشـــته اســـت. با تأکید بر ســـناریوی تثبیت ریزگردها نتایج الگوریتم ژنتیک نشان داد که در سال اول مقدار رهاســـازی بهینه ۲۰/۳۵۳۱ میلیون متر مکعب و میزان

تقاضا ۹۸/۳۱۲۱ میلیون متر مکعب می باشد که به مقدار ۷۷/۹۵۹ میلیون متر مکعب عدم تامین نیاز وجود دارد. در سال دوم مقدار رهاسازی بهینه ۴۰/۸۲۶۷ میلیون متر مکعب و میزان تقاضا ۹۸/۳۱۲۱ میلیون متر مکعب که به مقدار ۵۷/۴۸۵۴ میلیون متر مکعب باعث عدم تامین نیازشده است که نسبت به سال اول مقدار عدم تامین نیاز کاهش داشته است. در سال سوم مقدار رهاسازی بهینه ۴۱/۵۳۸۴ میلیون متر مکعب و میزان تقاضا ۹۸/۳۱۲۱ میلیون متر مکعب به دست آمده است که در این سال عدم تامین نیاز برابر با مقدار ۵۶/۷۷۳۷ میلیون متر مکعب می باشد. در سال های ۱۷ و ۱۸ رهاسازی بهینه برای این الگوریتم مقدار ۲۰/۵۶۵۹ و ۱۴/۱۲۱۵ میزان تقاضای ۹۸/۳۱۲۱ به دست آمده است همچنین برای این سال‌ها عدم تامین نیاز به ترتیب برابر با ۷۷/۷۴۶۲ و ۸۴/۱۹۰۶ میلیون متر مکعب می باشد. همینطور در سال های پایانی ۳۰، ۳۱ و ۳۲ مقدار بهینه رها سازی شده برای الگوریتم ژنتیک ۲۳/۰۱۰۷، ۱۸/۸۵۲۴ و۲۴/۲۴۰۸ میلیون متر مکعب به دست آمده است و میزان تقاضا برای این سه سال نیز همانند سال های قبل ۹۸/۳۱۲۱ می باشد. مقدار عدم تامین نیاز در سال های ۳۰، ۳۱، ۳۲ به ترتیب برابراست با ۷۵/۳۰۱۴، ۷۹/۴۵۹۷ و ۷۴/۰۷۱۳. با مقایسه بین سال های رها سازی شده مشاهده می گردد سال دوم تا چهارم نسبت به سال اول رهاسازی بهینه افزایش داشته است. سال های پنجم، ششم و هفتم روند کاهشی، سال هشتم رها سازی بهینه نسبت به سال های قبل افزایش پیدا کرده است. مجدد در سال نهم و دهم رهاسازی بهینه کاهش، سال های ۱۱، ۱۲، و ۱۳ رهاسازی بهینه الگوریتم افزایش پیدا کرده است. همچنین سالهای ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ رهاسازی بهینه کاهش، در سال های ۱۹ و ۲۰ روند افزایشی، سال ۲۱ رهاسازی بهینه کاهش یافته است. همچنین سال ۲۲ و سال ۲۳ افزایش یافته و دوباره در سال ۲۴ رهاسازی بهینه کاهش یافته است و در سال ۲۵ رهاسازی بهینه الگوریتم افزایش پیدا کرده است.

منابع

اکبرپور ، م . ج.، و ج. موسوی. ۱۳۸۵. نخبه گزینی از جواب های شدنی الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی بهره برداری از سیستم های چند مخزنه. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

زینلی م. ج.، محمدرضاپور ا . ا.، و ف . فروغی. ۱۳۹۴. ارزیابی الگوریتم های ازدحام ذرات، ژنتیک و سیستم مورچگان پیوسته در بهره برداری بهینه از مخزن سد درودزن. نشریه دانش آب و خاک ، جلد۲۵، شماره۳، صفحه های ۲۷ تا ۳۸.

سردار شهرکی، ع. ۱۳۹۵. تخصیص بهینه منابع آب حوضه آبریز هیرمند با کاربرد تئوری بازی و ارزیابی سناریوهای مدیریتی. پایان نامه دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.

سردارشهرکی، ع.، ج . شهرکی و س . آ .، هاشمی منفرد . ۱۳۹۵. بررسی رویکردهای مدیریتی بهره برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) پژوهش های مدیریت عمومی، سال نهم، شماره سی و یکم، صفحه ۹۸-۷۳.

طالبی، ع . م. ع.، قربانی . و ر. دانشفراز . ۱۳۹۲. اولویت بندی تخصیص آب سد قشلاق سنندج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP). اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب.

محسنی، س. و ج . شهرکی . ۱۳۹۴. کاربرد برنامه ریزی فازی خاکستری در تخصیص منابع آب شهرستان یزد. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد۷، شماره ۳، ص ۹۰-۷۳.

محمدرضاپور، ا. ا.، پ. حقیقت جو و م. ج .، زینلی. ۱۳۹۴. مقایسه الگوریتم ازدحام ذرات و ژنتیک در بهینه سازی ضرایب معادله منحنی سنجه رسوب در برآورد دبی رسوب معلق رودخانه سیستان (مطالعه موردی ایستگاه کهک). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ششم، شماره بیستم و دوم.

معینی، ر . و م . ه . افشار .۱۳۸۷. به کار گیری الگوریتم مقید جامعه مورچگان در حل مسایل مقید سریالی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران . دانشگاه تبریز . تبریز.

Goldberg, D. 1989. Genetic algorithms in search optimization and machine learning. Addison-Wesley Longman Publishing Company. Boston.

Hajiabadi , R., Zarghami , M . 2014. Multi-Objective Reservoir Operation with Sediment Flushing; Case Study of Sefidrud Reservoir, Water Resources Management. Vol 28. pp. 5357-76.

Hakimi-Asiabar , M . Ghodsypour, H, and R. Kerachian. 2010. Deriving operating policies for multi-objective reservoir systems. Application of Self-Learning Genetic Algorithm. Applied Soft Computing. Vol 10. pp. 1151-63.

Kiafar . H., and A .A .Sadradini. 2011. Optimal water allocation for Sufi-Chay Irrigation and Drainage network in East Azarbaijan province of Iran using genetic algorithm. Fourth Conference on Water Resources Management 5:52-61.

Momeni, A. 2005. Determining optimal operation rule from multi-objective reservoir, using dynamic system. M.Sc. Thesis. Sharif University of Technology. 103p.

Pradhan, S. N. and U. K. Tripathy., 2013. Optimization of the operating policy of the multipurpose Hirakud reservoir by Genetic Algorithm. American Journal of Engineering Research, 2(11): 260-266.

Sonaliya, S. and T. M. V. Suryanarayana.2014. Optimal Reservoir Operation Using Genetic Algorithm: A Case Study of Ukai Reservoir Project. International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology. 3(6): 13681-13687.

Zhou, R .and K .Yang. 2012. Optimal operation study of Qing river cascade reservoirs based on GA with uncertainty and flow transmission considered Procedia Engineering 28: 44–48.

Optimal Allocation of Chah-Nimeh Water Resources with an emphasis on Dust Stabilization Scenario: Application of Genetic Algorithm

Safaiyeh Nouri[1], Javad Shahraki[2], Ali Sardar Shahraki[3]

Abstract

One of the main challenges hindering optimal water resources management is the problem of optimal exploitation of dam reservoirs. Different methods have been used for optimization problems, but since conventional optimization methods are unable to solve complicated optimization problems, the metaheuristic algorithms are increasingly focused on. As such, the present study uses a genetic metaheuristic algorithm for optimizing Chah-Nimeh water wells of the Sistan region. The main objective is to optimally allocate the water of Chah-Nimeh reserves to users in the Sistan region using a genetic algorithm in the context of managerial scenarios with an emphasis on the scenario of dust stabilization. The results of the genetic algorithm show that in the first year, the optimal discharge rate is 20.3531 million m^3 and the demand is 98.3121 million m3, so 77.959 million m3 of the demand is unsatisfied. The results reveal that the genetic algorithm could give a proper optimal answer. Furthermore, it is found that in dust stabilization scenario, shortly after the implementation of the scenario, the discharge will not be possible for the agricultural sector anymore (by 2010).

Keywords: Metaheuristic Algorithms, Optimization, Reserves, Managerial Scenario, Genetic, Discharge

[1] MS of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan

[2] Corresponding author: Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan
Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan

[3] Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan