

تخصیص بهینه منابع آب چاه نیمه سیستان

با تأکید بر سناریوی تثبیت ریزگردها: کاربرد الگوریتم ژنتیک*

صفیه نوری^۱ جواد شهرکی^۲، علی سردار شهرکی^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 بهره برداری بهینه از مخازن سدها است. در خصوص مسائل بهینه سازی روش های مختلفی به کار گرفته شده که با توجه به عدم توانایی روش های بهینه سازی معمول، در حل مسائل پیچیده بهینه سازی، به کارگیری الگوریتم های فرا ابتکاری بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته 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.

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

۱ کارشناس 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
۳ استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان a.s.shahraki@eco.usb.ac.ir



مقدمه

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 قرار گرفته 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 بخش های کشاورزی و صنعت، مواجه است، افزایش تقاضا در آب این منطقه اتفاقی ناگزیر بوده و مدیریت منابع آب برای جلوگیری از مواجهه 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 می شود. از اینرو در مطالعه حاضر سعی شده است که از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک جهت تخصیص بهینه منابع آب مخازن چاه نیمه به بخش های مختلف و همچنین 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 اند که

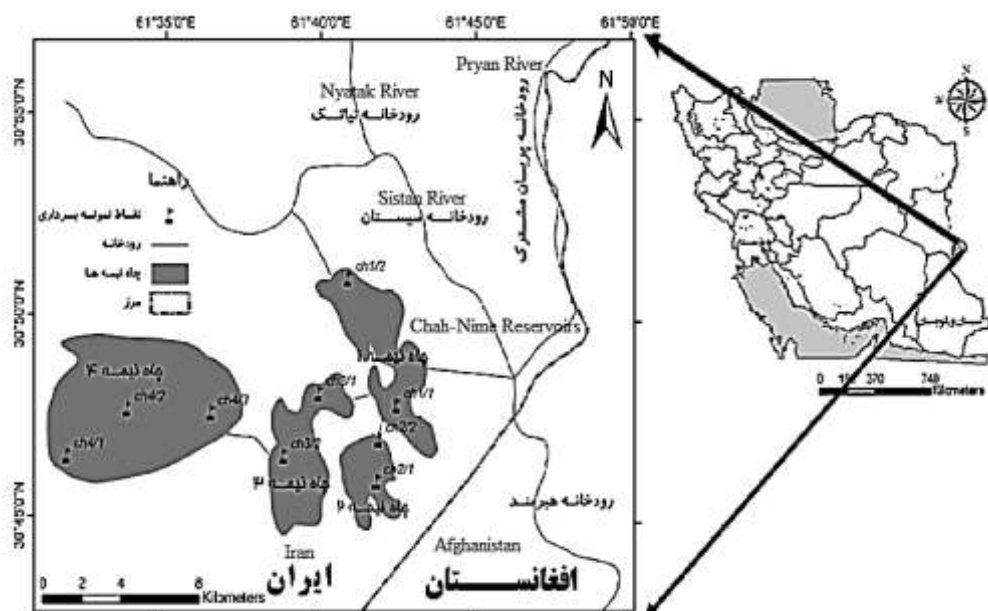
کمیاب منابع آب در دسترس از یک سو و از سوی دیگر افزایش مداوم تقاضای آب، موجب برهم خوردن تعادل در سیستم های عرضه-تقاضای منابع آب شده است. بنابراین برنامه ریزی برای تخصیص کارآمد منابع آب اهمیت بسیاری پیدا کرده است. افزایش تعداد حقابه بران و تنوع آن ها در بیش تر حوضه های آب ریز، موجب شده است که تخصیص بهینه آب، بیش از پیش اهمیت پیدا کند (Momeni, 2005). تخصیص آب مخازن به بخش های 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 ناحیه ای 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 دوچندان 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،

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 نیمه‌ها معادل ۱۴۴۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که فقط حدود ۹۰۰ میلیون متر مکعب آن قابل استفاده است. این مخازن اصلی‌ترین منبع تأمین، بخش شرب و کشاورزی و محیط زیست منطقه است (سردار شهری و همکاران، ۱۳۹۵).

این ناحیه موقعیت ویژه‌ای داشته باشد. این در حالیکه که میزان بارندگی در این منطقه یک پنجم میانگین کشوری (۵۰ میلیمتر در سال) و میزان تبخیر ۲ تا ۲/۵ برابر میانگین کشوری می‌باشد (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 گودال‌های طبیعی در جنوب سیستان و در فاصله ۵ کیلومتری شهر زهک و ۳۰ کیلومتری شهر زابل با وسعت ۴۶ کیلومتر مربع



شکل ۱- موقعیت جغرافیای چاه‌نیمه‌های سیستان (۲۵)

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 سنج رسوب برای ایستگاه کهک بر روی رودخانه سیستان و مقایسه نتایج بدست

در طی چند دهه اخیر تحقیقات زیادی در زمینه بهینه‌سازی 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 بهینه‌سازی ضرایب معادله منحنی سنج رسوب در



ماکزیمم نمودن تولید انرژی برقی 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

NSGAI برای بهینه سازی بهره برداری در حوضه سفیدرود با هدف تامین آب، تولید نیروی برقی 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 چانه زنی 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 می تواند به طور کامل نیازهای پایین دست آبیاری را تامین کند و رهاسازی را به حداقل برساند که منجر به صرفه جویی قابل توجهی در آب می شود.

آمده از این مدل ها با منحنی سنج 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 سنج رسوب با ۳۵۷۲۳، ۹۰ دارای کمترین مقادیر می باشند.

(Hakimi et al., 2010) الگوریتم ژنتیک خودآموز

(SLGA) را برای بهره برداری بهینه سیستم چند مخزنه کارون-دز، با هدف تامین نیاز پایین دست، تولید نیروی برقی و کنترل کیفیت آب پایین دست به کار گرفتند. این الگوریتم تلفیقی از دو روش SOM و VNS است که می تواند حافظه ای 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 بیشتر 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

^۱Self-Organizing Map

^۲Variable Neighborhood Search

بندی ها از آن به عنوان یک روش عددی، جستجوی مستقیم و تصادفی معرفی کرد. این الگوریتم مبتنی بر تکرار است و اصول اولیه آن از علم ژنتیک اقتباس گردیده است. در الگوریتم GA، ابتدا به طور تصادفی جامعه ای از کروموزوم ها ایجاد و سپس برازندگی آن ها محاسبه و تعیین می گردد. در ادامه به وسیله عملگرهای پیوند و جهش جامعه ای جدید با مقادیر برازندگی بالاتر تولید می شود (Goldberg, 1989).

مهم ترین عملگرهای الگوریتم GA شامل برش و جهش می باشد که عمل برش بر روی کروموزوم های افرادی که به عنوان والد انتخاب شده اند اعمال می شود 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) یا چند 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 تصادفی تغییر کند. عمل تشکیل کروموزوم نیز به طرق مختلف امکان پذیر است که می توان داده ها را به صورت دودویی کد کرد و سپس داده های کد شده را کنار هم قرار داد یا خود داده های واقعی را کنار هم قرار داد که این کار سبب عدم افزایش بیش از حد طول رشته می گردد (اکبرپور و موسوی، ۱۳۸۵). چارت پژوهش در قالب الگوریتم ژنتیک در شکل (۱) نشان داده شده است.

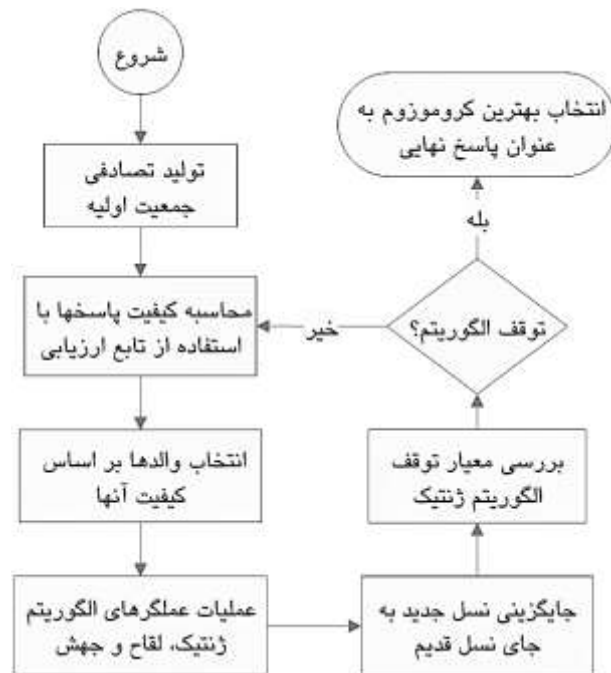
بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد که الگوریتم های فرا ابتکاری بسیار مورد توجه پژوهشگران بوده است. از اینرو با توجه به اهمیت و استفاده از منابع آب و تخصیص بهینه این منبع کمیاب بین مصارف مختلف در منطقه سیستان ضروری به نظر می رسد، که برنامه ای جهت تحقق این هدف پایه ریزی شود. لذا در این تحقیق به بررسی تخصیص 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 $59^{\circ}33'$ تا $61^{\circ}50'$ طول شرقی و $29^{\circ}08'$ تا $32^{\circ}51'$ عرض شمالی واقع شده است. از مراکز عمده جمعیتی در این حوضه شهرهای زاهدان و زابل می باشد. سیستان در انتهای یک حوضه وسیع و بسته داخلی قرار دارد که یکی از بزرگترین مناطق بیابانی دنیاست. این منطقه با مساحتی افزون بر ۸۰۰۰ کیلومتر مربع از رسوبات رودخانه هیرمند در طول هزاران سال به وجود آمده است. دوره آماری پژوهش حاضر از مهرماه ۱۳۶۴ تا شهریورماه ۱۳۹۵ به مدت ۳۸۴ ماه و برای سناریوهای مدیریتی به مدت ۳۶۰ ماه (از فروردین ۱۳۹۴ تا اسفند ۱۴۲۴) بوده است.

الگوریتم ژنتیک یک روش بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت جاندار است که می توان در طبقه



شکل (۱): چارت الگوریتم ژنتیک در پژوهش حاضر

قیود زنجیره ای

قیود زنجیره‌ای تصمیم در هر مرحله (متغیر تصمیم) به تصمیمات گرفته شده در مراحل قبل (متغیرهای تصمیم قبلی) وابسته است. در مسائل بهره برداری مخزن اصلی ترین قید مسئله، معادله پیوستگی 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).

در روش های معمول برای به کارگیری الگوریتم ها در حل مسائل بهینه سازی، معمولاً رها سازی های اولیه به صورت تصادفی و بین دو عدد رها سازی مینیمم و ماکزیمم انتخاب می شوند پس از آن، با توجه به رها سازی 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 رها سازی قیود نیز ارضاء می گردند. اما در مسائلی با

نتایج و بحث حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک (GA)

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 (کم تر نشود) اجرای برنامه متوقف شود.

نتایج حاصل از پنج مرتبه اجرای الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در جدول (۱) نشان داده شده

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

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

چهارم و پنجم در تعداد تکرار ۴۹۴ و ۴۵۷ به ترتیب مقادیر ۵۴/۸۵۶۸ و ۵۴/۶۵۵۲ 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.

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 تکرار ۵۰۹، مقدار تابع هدف ۵۴/۷۳۵۶ در اجرای سوم، تعداد تکرار ۴۶۰، مقدار تابع هدف ۵۴/۷۲۷۴ و برای اجراهای

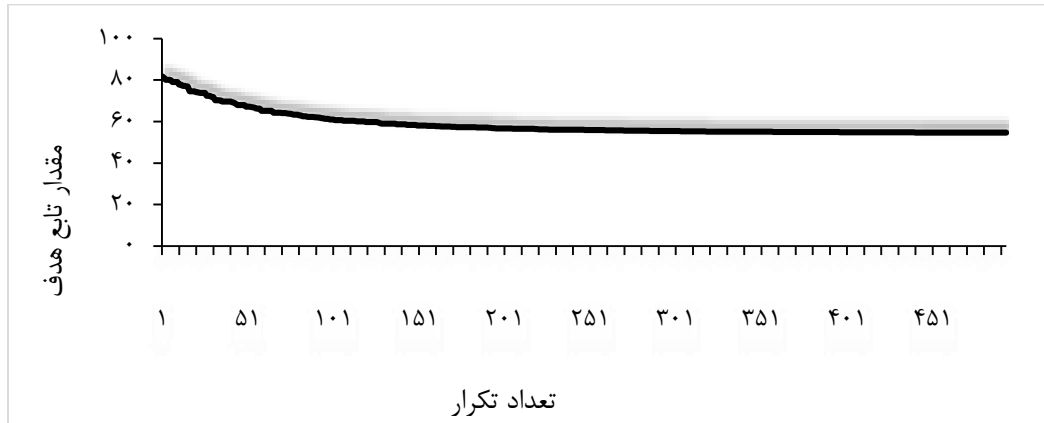
جدول (۲): مشخصات آماری عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا

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

منبع: یافته های تحقیق (واحد: میلیون مترمکعب)

بدترین مقدار تابع هدف ۵۴/۸۵۶۸ می باشد. نحوه عملکرد الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در شکل (۲) آورده شده است.

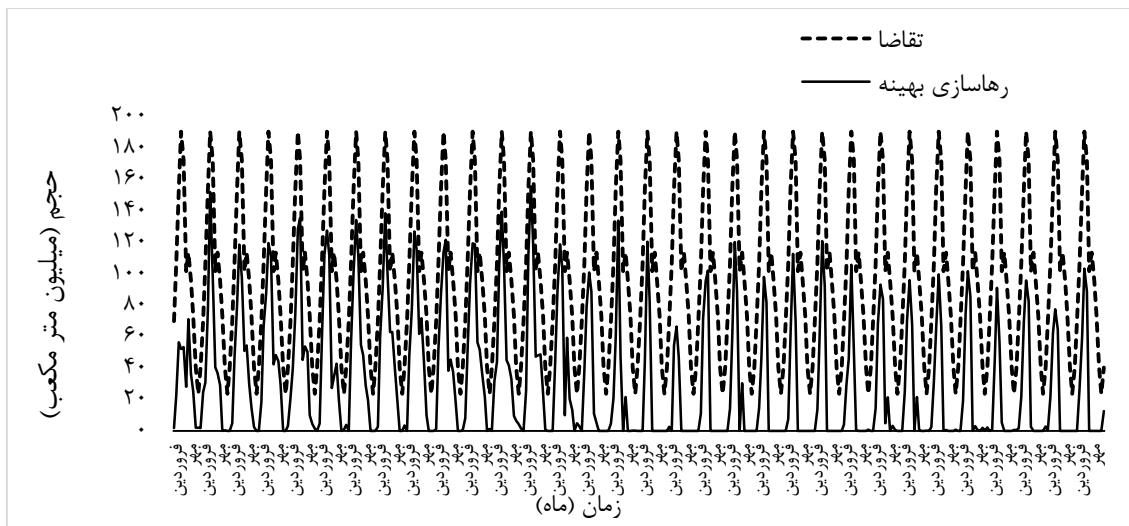
همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می گردد برای میانگین عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا مقدار ۵۴/۷۲۸۷ به دست آمده است. همچنین بهترین مقدار تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک ۵۴/۶۵۵۲ و



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

الگوریتم ژنتیک به مقدار تقریباً بهینه مناسبتی رسیده است. همچنین در الگوریتم ژنتیک میزان رهاسازی از مقدار تقاضا تخطی نداشته است.

شکل (۲) نشان می‌دهد که عملکرد الگوریتم ژنتیک با افزایش تعداد تکرارها به مقدار بهینه نزدیک می‌شود، با توجه به اینکه از ابتدای شروع عملکرد



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

جدول (۴): مشخصات آماری عملکرد الگوریتم ژنتیک در

پنج مرتبه اجرا برای سناریو اول

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

منبع: یافته های تحقیق (واحد: میلیون مترمکعب)

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.

همانطور که در جدول فوق می توان دید عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریوی اول میانگین مقادیر تابع هدف برابر با ۵۳/۹۳۵۵ 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.

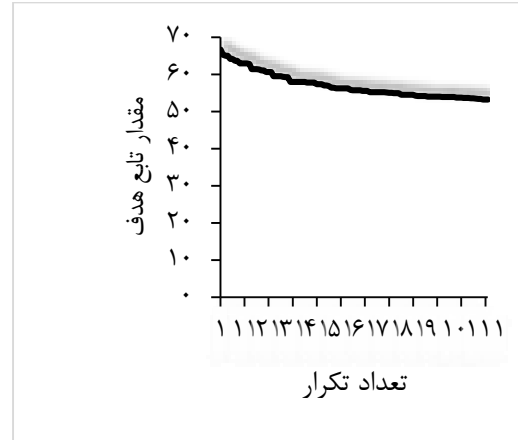
جدول (۳): مقادیر تابع هدف برای الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو اول

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

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.



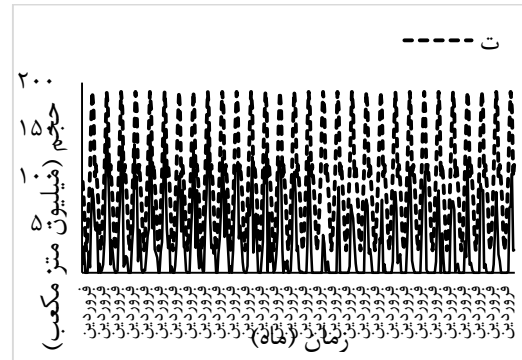
شکل (۴): نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن
قیود زنجیره‌ای برای سناریو اول



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 می‌گردد که با افزایش تعداد تکرار روند تقریباً ثابتی مقدار تابع هدف دارد.

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

نتایج حاصل از ۵ مرتبه اجرای الگوریتم با در نظر 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.



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

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 هدف و در نهایت در اجرای پنجم مقدار ۱۰۰/۱۴۴۹ برای تابع هدف به دست آمده است. همچنین در بین اجراهای مذکور، در اجرای دوم مقدار تابع هدف کمتری نسبت به سایر اجراها به دست آمده 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

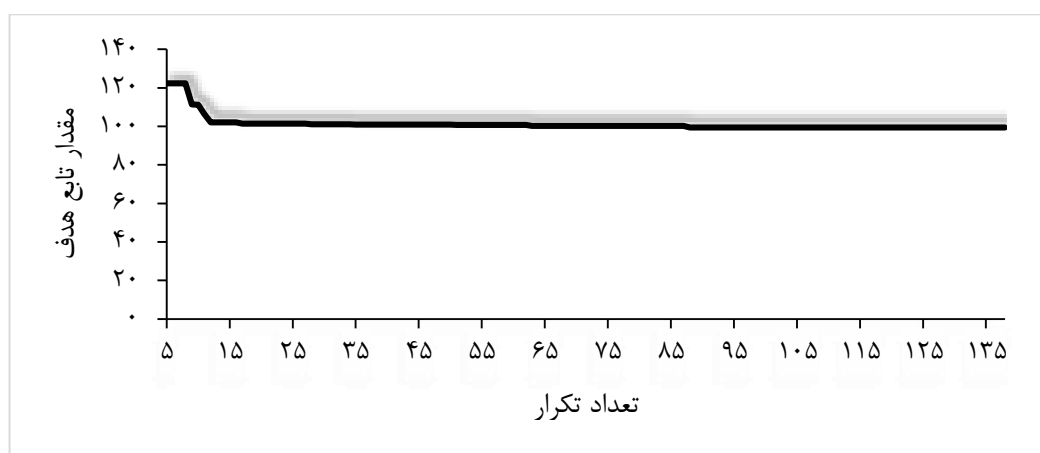
جدول (۶): مشخصات آماری عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریو دوم

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)

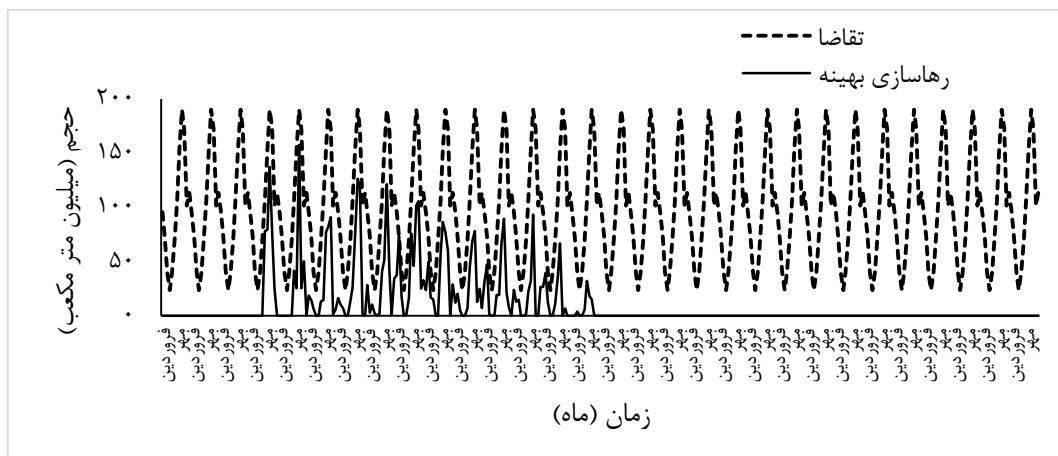
در این الگوریتم نیز افزایش در مقدار تابع هدف قابل مشاهده است. نحوه عملکرد الگوریتم با در نظر گرفتن قیود زنجیره‌ای در نمودار (۵) آورده شده است که مینیمم مقدار تابع هدف در این شکل نشان داده شده است.

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 می‌باشد.



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

در شکل بالا ملاحظه می‌گردد که با افزایش تکرار مقدار تابع هدف در سناریوی دوم افزایش پیدا میکند و از یک تکرار به بعد تغییری در تابع هدف مشاهده نمی‌گردد. 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 رها سازی بهینه خروجی الگوریتم ژنتیک و تقاضا برای سناریو دوم

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 در نظر 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.

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

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

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

سوم مقدار ۶۵/۲۴۱۵ 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

در جدول ۷ مقادیر 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

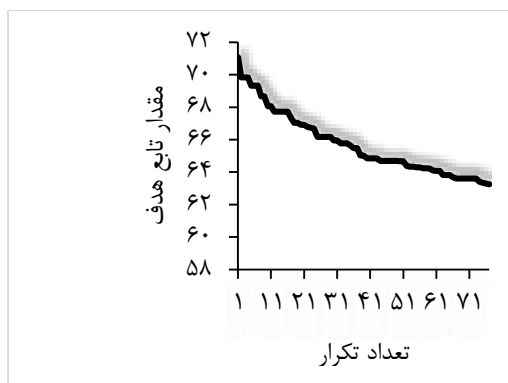
به اجراهای اول، سوم، چهارم و پنجم مقدار کمتری برای تابع هدف (۶۳/۲۵۰۶) به دست آمده است.

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

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.

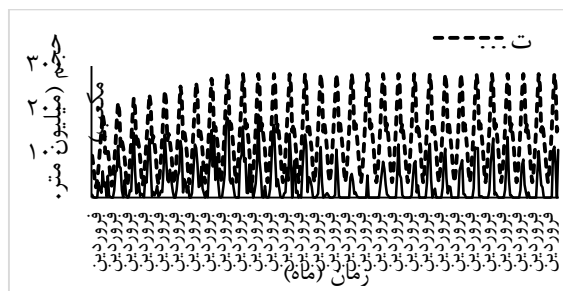
در جدول ۸ واضح است میانگین مقادیر تابع هدف برای عملکرد الگوریتم ژنتیک در پنج مرتبه اجرا برای سناریوی سوم ۶۴/۳۱۸۳ و مقدار بهترین تابع هدف برابر ۶۳/۲۵۰۶ و بدترین مقداری که برای تابع هدف به دست آمده است برابر با ۶۵/۲۴۱۵ می باشد.



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

تکرارهای مختلف برای تابع هدف نشان می دهد. شکل (۹) رها سازی بهینه حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک، میزان تقاضا را نشان می دهد.

همانطور که در شکل فوق ملاحظه می گردد، عملکرد الگوریتم ژنتیک یک روند نوسان پذیری را در



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



الگوریتم ژنتیک یک روند نوسان پذیری را در تکرارهای مختلف برای تابع هدف نشان داد و رهاسازی به نیاز تقاضا پاسخ داده است و رهاسازی تخطی از تقاضا نداشته است. با تأکید بر سناریوی تثبیت ریزگردها 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. 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 نیاز شده 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 سال ها 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 رهاسازی شده برای الگوریتم ژنتیک ۲۳/۰۱۰۷، ۱۸/۸۵۲۴ و ۲۴/۲۴۰۸ 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 رهاسازی شده مشاهده می گردد سال دوم تا چهارم نسبت به سال اول رهاسازی بهینه افزایش داشته است. سال های

همانطور که در شکل بالا ملاحظه می گردد رهاسازی به نیاز تقاضا پاسخ داده است و رهاسازی تخطی از تقاضا نداشته است.

نتیجه گیری

در این تحقیق کاربرد الگوریتم ژنتیک در تخصیص بهینه منابع آب چاه نیمه سیستان در یک دوره ۳۶۰ ماه از سال ۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. 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.

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. مقدار تابع هدف در سناریو دوم بیشتر از حالت پایه شده است و حتی تاثیرگذاری ۲ سال کوتاه تر شدن طول دوره مورد بررسی نیز چشم گیر نمی باشد. اما دلیل افزایش در مقدار تابع هدف را میتوان در ماهیت سناریو جست و جو نمود، زیرا در این سناریو برای ریزگردها میزان رهاسازی برای بخش کشاورزی در برخی از ماه ها زیاد می باشد. 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 سناریوی سوم عملکرد

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.

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 رها سازی بهینه کاهش، سال های ۱۱، ۱۲، و ۱۳ رها سازی بهینه الگوریتم افزایش پیدا کرده است. همچنین سالهای ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ رها سازی بهینه کاهش، در سال های ۱۹ و ۲۰ روند افزایشی، سال ۲۱ رها سازی بهینه

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، جلد ۲۵، شماره ۳، 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.
- سردار شهرکی، 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 ۷۳-۹۸.
- طالبی، ع. م. ع.، قربانی. و ر. دانشفراز. ۱۳۹۲. اولویت بندی تخصیص آب سد قشلاق سندج 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، جلد ۷، شماره ۳، ص ۷۳-۹۰.
- 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.

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

Corresponding author: Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan

²Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan

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



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

Safaiyeh Nouri¹Javad Shahraki², Ali Sardar Shahraki³

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 m³ 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