نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دهم. شماره سی و نهم. بهار۱۳۹۹

تخصیص بهینه و اقتصادی آب در شبکه آبیاری و زهکشی با استفاده از الگوریتم فراابتکاری ICA (مطالعه موردی: شبکه صوفی‌چای)

سمیّه امامی[۱]، یحیی چوپان[۲]، میلاد خیری قوجه بیگلو[۳]، موسی حسام[۴*]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۳/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۰۵

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

کمبود منابع آب به‌ویژه در ایران و بروز خشکسالی‌های اخیر، دستیابی به یک سیاست جهت تخصیص بهینه‌ی آب را از اهمیت خاصی برخوردار نموده است. تخصیص بهینه آب تحت شرایط کنترل شده و نیز شرایط اقلیمی و واقعی، در دو دهه گذشته یکی از موارد جلب توجه محققین و مهندسین بوده است. در این پژوهش روشی جدید جهت برآورد و تخصیص بهینه آب ارائه شده است. الگوریتم رقابت استعماری (ICA) یک الگوریتم بهینه سازی جدید می‌باشد و در مقایسه با سایر الگوریتم‌های مختلف بهینه سازی، توانایی بهینه سازی همتراز و یا حتی بالاتر را در مسائل مختلف بهینه‌سازی داراست. این الگوریتم سرعت مناسبی در یافتن جواب بهینه دارد، به عبارت دیگر نرخ همگرایی بالایی دارد و می‌تواند بهینه سراسری را در یک مسئله بهینه سازی پیدا نماید. در این پژوهش الگوریتم رقابت استعماری برای بهینه سازی مقادیر منابع آب در طی سال‌های زراعی ۸۲-۱۳۷۰ در مورد شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای برای رسیدن به بهینه‌ترین سیاست استفاده شد. نتایج اعمال الگوریتم رقابت استعماری به مسئله تخصیص بهینه آب و مقایسه آن با الگوریتم ژنتیک، حاکی از موفقیت ۴۰-۳۵٪ الگوریتم مورد نظر می‌باشد. هم‌چنین نتایج حاکی از آن است که در مجموع با تخصیص بهینه منابع آب بین بخش‌های مختلف (کشاورزی و خدمات)، حدود ۴۰ درصد درآمدهای حاصله نسبت به وضعیت کنونی بهبود می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: منابع آب، بهینه‌سازی، کشاورزی، خشکسالی.

[۱] دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، (somayehemami70@gmail.com)
[۲] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، (yahyahoopan68@gmail.com)
[۳] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پارس آباد مغان (eng.miladenoor@gmail.com)
[۴*] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، (m.hesam@yahoo.com)

مقدمه

یکی از راه‌های سازگاری برای مقابله با کمبود آب استفاده بهینه از آب است. شبکه‌های آبیاری و زهکشی همان‌گونه که از نام آن‌ها بر می‌آید، به‌صورت توأمان برای تأمین آب و آبیاری اراضی کشاورزی از یک سو و جمع‌آوری آب‌های خروجی و زهاب‌ها از سوی دیگر ایجاد می شوند. گرچه اهمیت شبکه‌های زهکشی در کنار شبکه‌های آبیاری بستگی به شرایط محلی داشته و در برخی مناطق بسیار ضروری و در برخی مناطق نیاز کم‌تری به آن‌ها احساس می شود، لیکن در صورت غفلت از ضرورت وجودی آن‌ها در هنگام طراحی و اجرای شبکه‌ها ممکن است لطمات جبران‌ناپذیر و هم‌چنین هزینه‌های هنگفتی را جهت احیای مجدد اراضی در پی داشته باشند. سیستم شبکه زهکش‌ها برای دستیابی به اهداف ذیل طراحی و به‌مرور زمان تکمیل می‌گردد:

- جمع‌آوری و انتقال رواناب حاصل از بارندگی و جلوگیری از تخریب اراضی در اثر جاری شدن سیلاب‌ها
- جمع‌آوری و انتقال هرزآب انتهای مزارع و پایاب کانال‌ها
- تثبیت سطح ایستابی و جلوگیری از بالا آمدن آن و زه‌دار شدن اراضی در اثر نفوذ عمقی ناشی از آبیاری و نشت آب از کانال‌ها، خروج و انتقال اضطراری آب از کانال‌ها در مواقع ضروری.

زهکشی کشاورزی، بنا به عقیده سازمان خواربار و کشاورزی جهانی، نه هزار سال پیش در بین‌النهرین آغاز شد (کرامتی طرقی و همکاران[1]، ۱۳۸۸). احداث اولین شبکه‌های نوین آبیاری و زهکشی در دهه ۱۳۱۰ در جنوب کشور صورت گرفت و اولین زهکش روباز با استفاده از ماشین در طی همین سال در شاوور خوزستان ساخته شد. طی سالیان اخیر توجه بیش‌تر دست اندرکاران طرح‌های توسعه منابع آب به سرمایه‌گذاری جهت احداث سدها و شبکه‌های آبیاری و زهکشی جدید، خطوط انتقال، کانال‌های آبرسانی، کالورت‌ها، تونل‌های تحت فشار و آزاد بوده و به بحث بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه و هم‌چنین به‌سازی و مقاوم‌سازی طرح‌های اجرا شده، پرداخته نشده است (مرادی‌نژاد[2]، ۱۳۸۷).

تخصیص آب عبارت از میزان آبی است که در هر یک از محدوده‌های مطالعاتی و حوضه‌های آبریز و هم‌چنین آب‌های ورودی به کشور از منابع عمومی آب با توجه به توانایی‌ها و امکانات منابع آب هر یک از آن‌ها و با لحاظ حقوق مصرف کنندگان قبلی، برای مصارف مختلف به وسیله وزارت نیرو مشخص و به شرکت‌ها ابلاغ می شود تا پروانه‌های بهره‌برداری برای متقاضیان مصارف مختلف صادر شود (کیافر و همکاران[3]، ۱۳۹۰).

روند یافتن جواب مسئله با توجه به پیچیدگی‌های حاکم بر مسائل منابع آب، به خصوص مسائل به شدت مقعر، گاه با مشکل روبرو است. به منظور رفع این مشکل استفاده از روش‌های تکاملی و فراکاوشی گسترش یافته است. تکنیک‌های محاسبات تکاملی، بر خلاف الگوریتم های جستجوی متداول، روی یک مجموعه از جواب‌ها در فضای جستجو عمل می‌کنند و با استفاده از همکاری و رقابتی که بین جواب‌ها ایجاد می‌کنند، می‌توانند خیلی سریع جواب بهینه را برای مسائل بهینه سازی پیچیده پیدا کنند. به‌طور کلی در حل مسائل بهینه سازی از الگوریتم‌های سنتی و تکاملی استفاده می‌گردد. در بسیاری از مسائل ممکن است تابع هدف منفصل و یا با کثرت ناگهانی همراه باشد که الگوریتم‌های سنتی قادر به حل این‌گونه مسائل کوچک با تعداد متغیر های محدود مؤثر می‌باشند و در شرایطی که تعداد متغیرهای تصمیم زیاد هستند کارآیی چندانی نخواهند داشت.

لذا امروزه، به دلیل پیچیدگی ها و مشکلات مختلف در حل مسائل بهینه سازی تلاش های گسترده‌ای جهت استفاده از الگوریتم‌های تصادفی

[1] Keramati-Torogi et. al
[2] Moradinejad
[3] Kiafar et. al

صورت گرفته است. اگرچه این الگوریتم‌ها بهینه مطلق را تضمین نمی‌نمایند، اما عموما می‌توان نسبت به جواب نزدیک بهینه امیدوار بود. در زمینه بهینه سازی تخصیص آب نیز طی سالیان اخیر مطالعات متعددی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

کیافر و همکاران (۱۳۹۰)، به تخصیص بهینه آب در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از الگوریتم ژنتیک[1] (GA) پرداختند. محدوده مطالعاتی سد علویان و شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای در پایین‌دست آن در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این تحقیق، اختلاف مقدار آب تخصیص یافته واقعی و مقدار بهینه در مناطق مختلف را به‌طور متوسط برابر ۲/۱ میلیون مترمکعب به‌دست داد. هم‌چنین میانگین سطح کل زیر کشت حاصل از مقادیر واقعی سه درصد بیش‌تر از سطح کشت حاصل از مقادیر پیش‌بینی منابع آب بود. خاشعی سیوکی و همکاران[2] (۱۳۹۲)، کاربرد تخصیص و مدیریت آب کشاورزی را با استفاده از تکنیک بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO)[3]، مورد بررسی قرار دادند. ایشان با استفاده از مدل بیلان آب زیرزمینی معادلات مورد نیاز جهت تخمین نوسانات سطح آب را تعیین نمودند. نتایج مدل بر مبنای یک سال نرمال نشان داد که می‌توان با کاهش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت اغلب محصولات بهاره و افزایش ۳۰ در صدی سطح زیر کشت گندم و جو و کسب بیشترین درآمد را از آب استحصالی از آبخوان کسب نمود. زهمتکش و منتظر[4] (۱۳۹۰)، عملکرد تعدادی از شبکه های آبیاری جهان را با استفاده از رویکرد سه‌ای و تحلیل داده‌کاوی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که وجود انجمن‌های فعال بهره‌برداران آب در شبکه‌های آبیاری به عنوان عامل یاری‌گری در بهبود راندمان‌های مدیریتی است. هم‌چنین کاربرد ترکیبی رویکرد تحلیل مقایسه‌ای و خوشه‌بندی از قابلیت مطلوبی در ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری برخوردار می‌باشد. جانگا و کومار[5] (۲۰۱۰)، آب مصرفی با هدف بیشینه کردن منافع اقتصادی از طریق تخصیص آب آبیاری درون فصلی در دوره زمانی معین در شرایط چند محصولی را با استفاده از الگوریتم PSO ارائه نمودند. حبیبی داویجانی و همکاران[6] (۱۳۹۲)، مدل بهینه سازی تخصیص منابع آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات را با استفاده از الگوریتم پیشرفته GAPSO[7] ارائه نمودند. سپس براساس توابع تولید، سطح زیر کشت، عملکرد محصول و درآمد حاصله از هر محصول، تابع هدف تلفیقی مشخص گردید. نتایج تحقیق ایشان نشان داد، در مجموع با تخصیص بهینه منابع آب بین بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعت و خدمات)، می‌توان درآمدهای حاصله در منطقه کویر مرکزی ایران را تا ۵۶ در صد نسبت به وضعیت فعلی بهبود بخشید. آتش‌پز گرگری[8] (۱۳۸۷) در پایان‌نامه خود از الگوریتم رقابت استعماری[9] برای طراحی یک کنترل‌کننده PID بهینه و هم‌چنین برای طراحی کنترل‌کننده PID چند متغیره برای سیستم صنعتی ستون تقطیر استفاده نمود. نقاشی و همکاران[10] (۱۳۹۱) در تحقیقی به معرفی الگوریتم رقابت استعماری پرداختند و در آن به معرفی امپریالیست، شکل‌دهی امپراطوری‌های اولیه، سیاست جذب، انقلاب، جابه‌جایی قدرت بین استعمارگر و مستعمره، رقابت استعماری و چگونگی همگرایی الگوریتم اشاره کردند و الگوریتم مذکو را پیاده‌سازی نمودند.

در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در مسائل مختلف منابع آب با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی به‌خصوص الگوریتم‌های ژنتیک، ازدحام ذرات و...

[1] Genetic Algorithm
[2] Khasheie Siuki et. al
[3] Particle swarm optimization
[4] Zahmatkesh and Montazer
[5] Janga and kumar
[6] Habibi-Davijani et. al
[7] Genetic- Particle swarm optimization hybrid algorithm
[8] Atashpaz-Gargari
[9] Imperialist Competitive Algorithm
[10] Naghashi et. al

روش‌های بهینه‌سازی از جمله با استفاده از نرم‌افزار Lingo صورت پذیرفته است. با توجه به پژوهش‌های انجام شده، بخش کشاورزی بیش‌ترین سهم مصرف منابع آب را به‌خود اختصاص می‌دهد، در همین راستا، در پژوهش حاضر تابع هدف غیر خطی، با توجه به میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی در نظر گرفته شده است. با توجه به این‌که تابع هدف و محدودیت‌های دیگر موجود در پژوهش حاضر از روندی غیر خطی پیروی می‌کنند، لذا جهت حل این مسئله و به منظور بررسی عملکرد و اثبات کارایی الگوریتم رقابت استعماری (ICA) به عنوان روش تکاملی نوین و هم‌چنین سازگاری این الگوریتم با تعداد کم‌تری از پارامترها، با هدف بهبود وضع اقتصادی از طریق حداکثرسازی سود خالص برای تخصیص بهینه منابع آب شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای واقع در استان استان آذربایجان‌شرقی استفاده شده است و نتایج حاصل از آن با نتایج روش الگوریتم ژنتیک مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

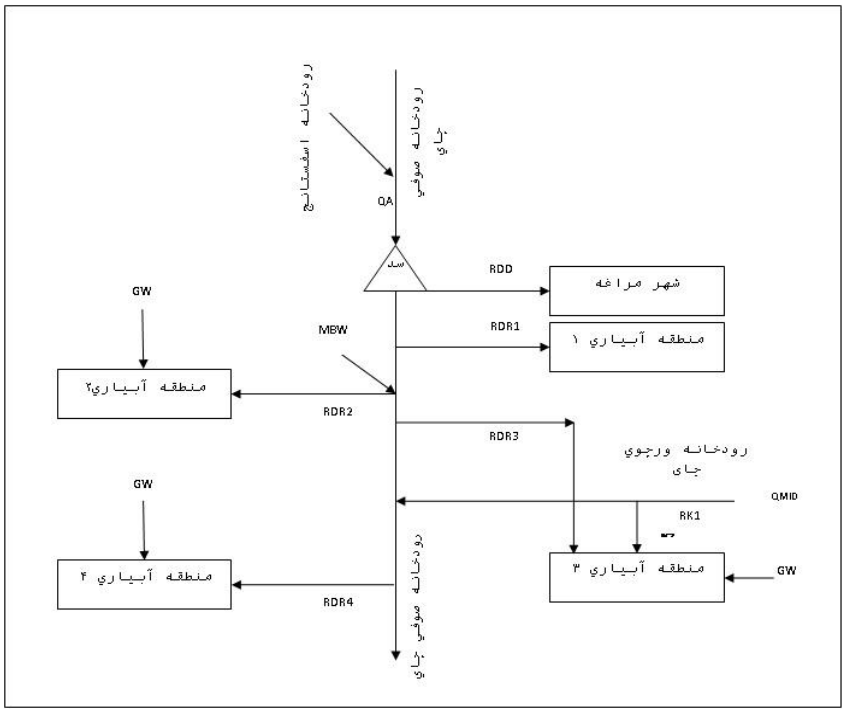
منطقه مورد مطالعه (شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای)

به منظور ارزیابی کارآیی الگوریتم پیشنهادی در تخصیص و مدیریت بهینه آب از اطلاعات شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای و سد علویان استفاده شده است. این سد در استان آذربایجان شرقی در سه کیلومتری شمال شهر مراغه و در نزدیکی روستای علویان قرار دارد. این سد بر روی رودخانه صوفی‌چای احداث شده است و آب آشامیدنی شهرستان‌های مراغه، میاندوآب، بناب، عجب شیر و ملکان را تأمین می‌کند. رودخانه‌های صوفی‌چای و اسفستانج منابع آب این محدوده می‌باشند که حوضه‌ی آن‌ها برابر ۳۱۳/۶ کیلومترمربع واقع در ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارند. اراضی کشاورزی این محدوده شامل ۴ منطقه شامل مناطق ۱، ۲، ۳ و ۴ با وسعت‌های ۲۵۰۰، ۴۵۰۰، ۲۶۰۰ و ۱۸۰۰ هکتار می‌باشند. جهت نیل به اهداف تحقیق حاضر، از آمار و اطلاعات منابع و مصارف در منطقه طرح و آمار بهره‌برداری از سد استفاده شد (براساس مطالعه‌ی کیافر و همکاران، ۱۳۹۱). متوسط بارندگی سالانه منطقه به‌طور تقریبی برابر ۳۳۰ میلی‌متر می‌باشد که به صورت ۳۰ درصد بارندگی در زمستان، ۴۰ درصد در بهار، ۲ درصد تابستان و حدود ۲۵ درصد در فصل پاییز می‌بارد. متوسط دمای سالانه، متوسط سالانه تبخیر از تشت و حداکثر تبخیر ماهانه در تیر و مرداد در این محدوده به‌ترتیب برابر با ۱۲/۳ درجه سانتی‌گراد، ۱۴۷۰ میلی‌متر و ۲۷۰ میلی‌متر می‌باشد. عمده محصولات کشت شده شامل، گندم، جو، یونجه، سیب‌زمینی، پیاز، انگور، بادام و سردرختی است.

در جدول (۱)، مشخصات فنی سد علویان و در شکل (۱)، وضعیت آب قابل دسترس برای مناطق مختلف تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی ارائه شده است.

جدول (۱): مشخصات فنی سد علویان

نوع سد	خاکی و هسته‌ی رسی
عرض تاج	۱۰ متر
طول تاج	۹۳۵ متر
حجم مخزن	۶۰ میلیون مترمکعب
تاریخ آغاز ساخت	۱۳۶۹
تاریخ اتمام	۱۳۷۴



شکل (۱): وضعیت آب قابل دسترس در مناطق ۴ گانه شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای

الگوریتم رقابت استعماری (ICA)

همانند دیگر الگوریتم‌های تکاملی، این الگوریتم، نیز با تعدادی جمعیت اولیه ت صادفی که هر کدام از آن‌ها یک "ک شور" نامیده می شوند، شروع می شود. تعدادی از بهترین عنا صر جمعیت (معادل نخبه‌ها در الگوریتم ژنت یک) به عنوان امپر یالیـ ست[1] انت خاب می شوند. باقی‌مانده جمعیت نیز به عنوان م ستعمره[2]، در نظر گرفته می شوند. ا ستعمارگران ب سته به قدرت شان، این م ستعمرات را با یک روند خاص که در ادامه می‌آید، به سمت خود می‌ک شند. قدرت کل هر امپراطوری، به هر دو بخش ت شکیل‌دهنده آن یعنی ک شور امپریالیـ ست (به‌عنوان ه سته مرکزی) و م ستعمرات آن ب ستگی دارد. در حالت ریا ضی، این واب ستگی با تعریف قدرت امپراطوری به صورت مجموع قدرت کشور امپریالیست، به اضافه درصدی از میانگین قدرت م ستعمرات آن، مدل شده ا ست. با شکل‌گیری امپراطوری‌های اولیه، رقابت امپریالیـ ستی میان آن‌ها شروع می شود. هر امپراطوری‌ای که نتواند در رقابت ا ستعماری، موفق عمل کرده و بر قدرت خود بیفزاید (و یا حداقل از کاهش نفوذش جلوگیری ک ند)، از صحنه رقابت ا ستعماری، حذف خواهد شد. بنابراین بقای یک امپراطوری، واب سته به قدرت آن در جذب م ستعمرات امپراطوری‌های رقیب و به سیطره در آوردن آن‌ها خواهد بود. در نتیجه، در جریان رقابت‌های امپر یالیـ ستی، به تدریج بر قدرت امپراطوری های بزرگ‌تر افزوده شده و امپراطوری‌های ضعیف‌تر، حذف خواهند شد. امپراطوری‌ها برای افزایش قدرت خود، مجبور خواهند شد تا م ستعمرات خود را نیز پیشرفت دهند. با گذ شت زمان، م ستعمرات، از لحاظ قدرت به امپراطوری‌ها نزدیک‌تر خواهند شد و یک نوع همگرایی به‌وجود خواهد آمد. حد نهایی رقابت استعماری، زمانی ا ست که یک امپراطوری واحد در دنیا وجود دا شته با شد، با مستمراتی که از لحاظ موقعیت، به‌خود کشور امپریالیست، خیلی نزدیک هستند.

[1] Imperialist

[2] Colony

شکل دهی امپراطوری‌های اولیه

در بهینه سازی، هدف یافتن یک جواب بهینه بر حسب متغیرهای مسئله، است. یک آرایه از متغیرهای مسئله را که باید بهینه شوند، ایجاد می شوند. در الگوریتم ژنتیک این آرایه، کروکوزوم[1] نامیده می شود. در این‌جا نیز آن آرایه یک کشور نامیده می شود. در یک مسئله‌ی بهینه‌سازی N_{var} بعدی، یک کشور، یک آرایه‌ی $1 \times N_{var}$ است. این آرایه به‌صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$country = [p_1, p_2, p_3, ..., p_{N\ var}] \quad (۱)$$

برای شروع الگوریتم باید تعدادی از این کشورها (به تعداد کشورهای اولیه الگوریتم) ایجاد شوند. بنابراین ماتریس کل کشورها به صورت تصادفی اولیه تشکیل می‌شود (رابطه ۲):

$$country = \begin{bmatrix} country_1 \\ country_2 \\ country_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_{12} \\ R_{13} & R_{14} & R_{24} \\ R_{n-11} & R_{n-10} & R_n \end{bmatrix} \quad (۲)$$

هزینه یک کشور با ارزیابی تابع f در متغیرهای $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{Nvar})$ یافت می شود. رابطه (۳) بیانگر این مسئله است:

$$cost = f(country) = f(p_1, p_2, p_3, ..., p_{N\ var}) \quad (۳)$$

برای شروع الگوریتم، تعداد $N_{country}$ کشور اولیه ایجاد می شود. N_{imp} تا از بهترین اعضای این جمعیت (کشورهای دارای کم‌ترین مقدار تابع هزینه) ، به‌عنوان امپریالیست انتخاب می‌گردد. باقی مانده N_{col} از کشورها، مستعمراتی را تشکیل می‌دهند که هر کدام به یکی از امپراطوری ها تعلق دارند. برای تقسیم مستعمرات اولیه بین امپریالیست‌ها، به هر امپریالیست، تعدادی از مستعمرات متناسب با قدرت آن تخصیص داده می شود. برای انجام این کار، با داشتن هزینه همه‌ی امپریالیست‌ها، هزینه نرمالیزه آن‌ها با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود (آتش پزگرگری، ۱۳۸۷):

$$C_n = C_n - \max_i \{C_i\} \quad (۴)$$

که در آن C_n هزینه امپریالیست n ام، $\max_i \{c_i\}$ بیش‌ترین هزینه میان امپریالیست‌ها و C_i هزینه نرمالیزه شده این امپریالیست می‌باشد. هر امپریالیست که دارای هزینه بیش‌تری باشد (امپریالیست ضعیف‌تری باشد)، دارای هزینه نرمالیزه کم‌تری خواهد بود. با داشتن هزینه نرمالیزه، قدرت نسبی نرمالیزه‌ی هر امپریالیست، به‌صورت زیر محاسبه شده و بر مبنای آن، کشورهای مستعمره، بین امپریالیست‌ها تقسیم می شوند (آتش پزگرگری، ۱۳۸۷):

هزینه یک کشور با ارزیابی تابع f در متغیرهای $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{Nvar})$ یافت می شود. رابطه (۵) بیانگر این مسئله است:

$$P_n = \left| \frac{C_n}{\sum_{i=1}^{N_{var}} C_i} \right| \quad (۵)$$

مدل‌سازی سیاست جذب: حرکت مستعمره‌ها به سمت امپریالیست

سیاست همگون سازی (جذب)[2] با هدف تحلیل فرهنگ و ساختار اجتماعی مستعمرات در فرهنگ حکومت مرکزی انجام می‌گرفت. همان‌گونه که قبلا نیز بیان شد، کشورهای استعمارگر، برای افزایش نفوذ خود، شروع به ایجاد عمران (ایجاد زیر ساخت‌های حمل و نقل، تأسیس دانشگاه و...) کردند. این بخش از فرآیند استعمار در الگوریتم بهینه سازی، به صورت حرکت مستعمرات به سمت کشور امپریالیست، مدل شده است. کشور امپریالیست، کشور مستعمره را در راستای اهداف خود، به سمت خود جذب می‌کند.

[2] Assimilation

[3] Chromosome

همان‌گونه که در این شکل نشان داده شده است، کشور مستعمره[1] به اندازه x واحد در جهت خط واصل مستعمره به استعمارگر[2]، حرکت کرده و به موقعیت جدید[3] کشانده می‌شود. در این شکل، فاصله میان استعمارگر و مستعمره با d نشان داده شده است. x نیز عددی تصادفی با توزیع یکنواخت (یا هر توزیع مناسب دیگر) می‌باشد. مقدار x از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$x \sim U(0, \beta \times d) \qquad (۶)$$

که در آن β عددی بزرگ‌تر از یک و نزدیک به ۲ می‌باشد. یک انتخاب مناسب می‌تواند $\beta = 2$ باشد. وجود ضریب $\beta > 1$ باعث می‌شود، تا کشور مستعمره در حین حرکت به سمت کشور استعمارگر، از جهت‌های مختلف به آن نزدیک شود.

جابجایی موقعیت مستعمره و امپریالیست

سیاست جذب در عین نابودی ساختارهای اجتماعی سیاسی کشور مستعمره در بعضی موارد نتایج مثبتی را نیز برای آن‌ها در پی داشت. بعضی از کشور در نتیجه اعمال این سیاست، به نوعی از خودباوری عمومی دست یافتند و به رهایی از چنگال استعمار پرداختند. در مدل‌سازی این واقعه تاریخی در الگوریتم معرفی شده به این صورت عمل شده است که در حین حرکت مستعمرات به سمت کشور استعمارگر، ممکن است بعضی از این مستعمرات به موقعیتی بهتر از امپریالیست برسند (به نقاطی در تابع هزینه برسند که هزینه کم‌تری را نسبت به مقدار تابع هزینه در موقعیت امپریالیست، تولید می‌کنند). در این حالت، کشور استعمارگر و کشور مستعمره، جای خود را با همدیگر عوض کرده و الگوریتم با کشور استعمارگر در موقعیت جدید ادامه یافته و این بار این کشور امپریالیست جدید است که شروع به اعمال سیاست همگون‌سازی بر مستعمرات خود می‌کند.

قدرت کل یک امپراطوری

قدرت یک امپراطوری برابر است با قدرت کشور استعمارگر، به اضافه درصدی از قدرت کل مستعمرات آن. بدین ترتیب برای هزینه کل یک امپراطوری رابطه (۷) وجود خواهد داشت:

(۷)

$$TC_{cost} = \text{Cost}\left(imperialist_n\right) + \xi mean(\text{Cost}(colonies\ of\ impire_n))$$

که در آن TC_n هزینه کل امپراطوری n ام و ξ عددی مثبت است که معمولا بین صفر و یک و نزدیک به صفر در نظر گرفته می شود. کوچک در نظر گرفتن ξ، باعث می‌شود که هزینه کل یک امپراطوری، تقریبا برابر با هزینه حکومت مرکزی آن (کشور امپریالیست)، شود و افزایش ξ نیز باعث افزایش تأثیر میزان هزینه مستعمرات یک امپراطوری در تعیین هزینه کل آن می شود. در حالت نوعی، $\xi = 0.05$ در اکثر پیاده سازی‌ها به جواب مطلوبی منجر شده است (آتش پزگرگری، ۱۳۸۷).

مراحل الگوریتم رقابت استعماری به صورت زیر می‌باشد:

- چند نقطه تصادفی روی تابع انتخاب کرده و امپراطوری‌های اولیه را تشکیل بده.
- مستعمرات را به سمت کشور امپریالیست حرکت بده (سیاست همسان‌سازی).
- اگر مستعمره‌ای در یک امپراطوری، وجود داشته باشد که هزینه‌ای کم‌تر از امپریالیست داشته باشد؛ جای مستعمره و امپریالیست را با هم عوض کن.
- هزینه‌ی کل یک امپراطوری را حساب کن (با در نظر گرفتن هزینه‌ی امپریالیست و مستعمراتشان).
- یک مستعمره از ضعیف‌ترین امپراطوری انتخاب کرده و آن را به امپراطوری‌ای که بیش‌ترین احتمال تصاحب را دارد، بده.
- امپراطوری‌های ضعیف را حذف کن.

[1] Colony
[2] Imperialist
[3] New Position of Colony

- اگر تنها یک امپراطوری باقی ملنده با شد، توقف کن وگرنه به ۲ برو.

تعریف مسأله

در پژوهش حا ضر، هدف بی شینه کردن درآمد ناخالص حا صل از فروش مح صولات زراعی و کمینه کردن خ سارات نا شی از کمبود در تخ صیص به مصارف شرب، صنایع و زیست‌محیطی است. لذا هدف از ارائه پژوهش حا ضر، ارزیابی و برر سی مقای سه‌ای روش‌های بهینه سازی الگوریتم رقابت ا ستعماری و ژنتیک در برآورد و ارائه برنامه تخ صیص بهینه آب در ماه‌های بهره‌برداری م شخص می‌با شد. پارامترهای الگوریتم رقابت ا ستعماری که در عمل تخصیص بهینه آب مورد ا ستفاده قرار می‌گیرند، شامل موارد زیر می‌باشند:

جدول (۲): پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم رقابت استعماری

تعداد کشورهای اولیه	۱۰۰
تعداد استعمارگران اولیه	۶
تعداد مستعمرات	۱۰۰-۶=۹۴
β	۲
γ	$\pi/4$
ζ	۰/۰۱

الف) تابع هدف

با توجه به این‌که پس از شروع فصل زراعی، سطح زیر ک شت مح صولات زراعی و هزینه‌های ک شاورزی مقادیر ثابتی ا ست، تابع هدف به صورت بی شینه کردن درآمد ناخالص حا صل از فروش مح صولات زراعی و کمینه کردن خ سارات نا شی از کمبود در تخ صیص م صارف شرب، صنایع و زیست‌محیطی می‌با شد. تابع هدف مد نظر در این پژوهش به صورت رابطه‌های (۸) تا (۱۰) در نظر گرفته شده است:

$$Maximaze = TB - TCE - TCS \quad (۸)$$

$$TB = \sum_{j=1}^{4}\sum_{C=1}^{8}(Y * A) * P_c \quad (۹)$$

$$Y_c = Y\max_c\left(1-\sum_{t=1}^{n} ky_{\alpha}\left(1-\frac{ET_c}{ET\max_c}\right)_t\right) \quad (۱۰)$$

در این روابط، TB سود ناخالص شبکه، TCS هزینه های کمبود در تخ صیص به بخش شرب و صنایع، TCE هزینه‌های کمبود در تخ صیص بخش زیست‌محیطی، Yc_j مجموع وزن مح صول تولید شده c در منطقه j به‌ازای واحد سطح زیر ک شت، Ac_j مجموع سطح زیر مح صول c در منطقه j، P_c قیمت واحد وزن تولیدی مح صول c، $Tmax_c$ حداکثر تولید مح صول c بدون تنش آبی، ky_{ct} ضریب ح سا سیت گیاه c در ماه t و Et_{max} مقدار تبخیر واقعی گیاه c در ماه t بدون تنش آبی ا ست. ا ندیس c معرف نوع مح صول، j منط قه زراعی و t ا ندیس ز مان (ماه) می‌باشد.

ب) قیود و محدودیت‌ها

$$W\,dem_{jt} \le W\,av_{jt} \quad (۱۱)$$

$$W\,dem_{jt} \equiv \sum_{c=1}^{8} W\,dem_{jt} \quad (۱۲)$$

$$W\,av_{jt} \equiv SW_{jt} + GW_{jt} \quad (۱۳)$$

$$GW_{jt} \le PGW_{jt} \quad (۱۴)$$

$$SW_{jt} \le PDR_{jt} + BW_{jt} + Var_{jt} \quad (۱۵)$$

$$BW_{jt} \le PBW_{jt} \quad (۱۶)$$

که در این روابط، $Wdem_{jt}$ آب تخصیص داده شده به منطقه j در ماه t، $W av_{jt}$ آب موجود در منطقه j در ماه t، $Wdem_{jt}$ آب تخصیص داده شده به محصول c در منطقه j در ماه t و GW_{jt} آب زیرزمینی استفاده شده در منطقه j در ماه t می‌باشد.

نتایج عددی

پس از معرفی تابع هدف و انجام تحلیل حساسیت و یافتن مقادیر بهینه پارامترهای مؤثر الگوریتم و به کارگیری آن‌ها در مدل، متغیرهای تصمیم مسئله که شامل ۱۲ متغیر بود محاسبه گردید. پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم رقابت استعماری جدول (۲) می‌باشند.

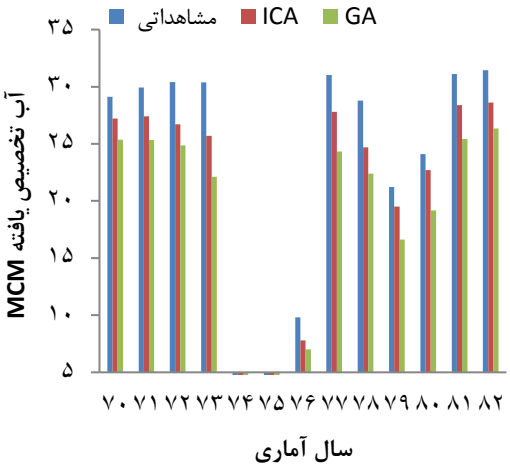
در این پژوهش به منظور بررسی قابلیت الگوریتم رقابت استعماری و ژنتیک، از ۱۲ سال آمار سالیانه برای دوره آماری (۸۲-۱۳۷۰)، جهت انجام تجزیه و تحلیل مورد بررسی قرار گرفت (تجزیه و تحلیل برای دو سال ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵ به‌دلیل فقدان آمار صورت نگرفت). از ۷۵ درصد داده‌های موجود به منظور آموزش الگوریتم‌ها و از ۲۵ درصد داده‌ها برای صحت سنجی مدل استفاده شد. وارد کردن داده‌ها به‌صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت مدل می شود. از این‌رو داده‌های ورودی به مدل به صورت رابطه (۱۷) نرمالیزه شدند.

$$Y_i \le \frac{X_{oi}}{X_{o\max}},\ X_{oi} \ge 0$$
$$Y_i \le \frac{X_{oi}}{|X_{o\min}|},\ X_{oi} < 0 \quad (۱۷)$$

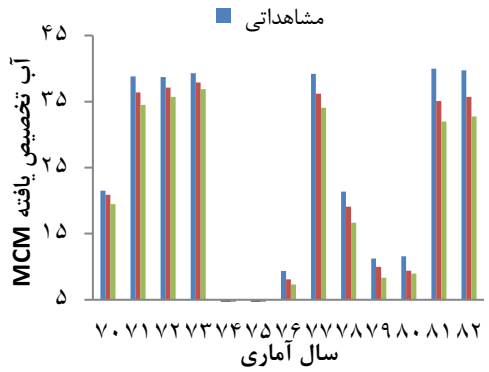
در این رابطه، Y_i مقادیر استلندارد شده، X_{oi} مقادیر مشاهداتی، X_{omin} مقادیر مینیمم مشاهداتی و X_{omax} ماکزیمم مقادیر مشاهداتی می‌باشند.

در اجرای این تابع (تابع هدف) توسط الگوریتم رقابت استعماری، ابتدا مقادیر پیش‌بینی شده در آغاز فصل زراعی به‌عنوان ورودی وارد الگوریتم شده و سپس متغیرهای مسأله مربوط به تخصیص آب در طول فصل زراعی برآورد گردید. به‌دلیل فقدان آمار دو سال ۷۵-۱۳۷۴، مقادیر آب تخصیص یافته در این دو سال پیاپی قابل برآورد نبود.

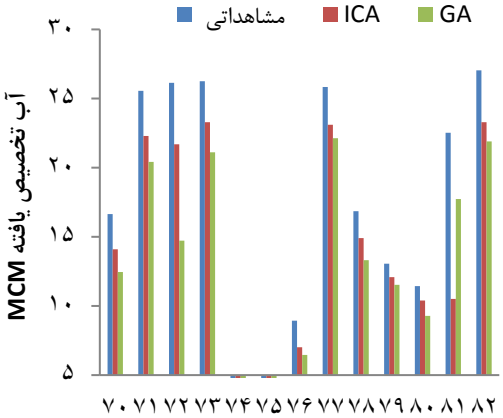
در شکل‌های (۲) تا (۵)، مقایسه نتایج حاصل از اجرای الگوریتم های ژنتیک و رقابت استعماری و مقادیر مشاهداتی برای آب تخصیص یافته در طول فصل زراعی برای مناطق چهارگانه شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای نشان داده شده است. با توجه به شکل‌های (۲) تا (۵)، مشاهده می‌شود نتایج حاصل از اجرای الگوریتم مورد نظر (رقابت استعماری) در مقایسه با الگوریتم ژنتیک بسیار نزدیک به مقدار اندازه‌گیری شده مقدار آب تخصیص یافته می‌باشد و این مسئله بیانگر هم‌گرایی، کارآیی و راندمان بالای الگوریتم رقابت استعماری در سیستم‌های منابع آب می‌باشد.



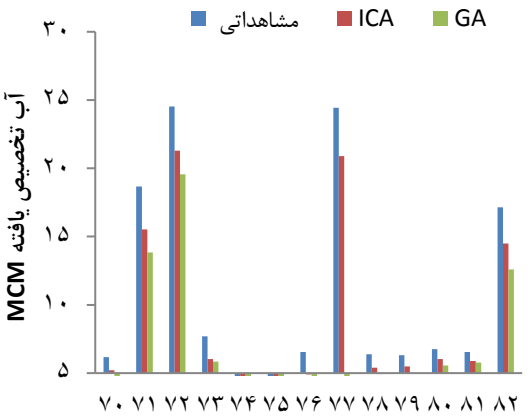
شکل (۲): مقایسه مقادیر آب تخصیص یافته واقعی و حاصل از اجرای الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری در منطقه یک محدوده مطالعاتی



شکل (۳): مقایسه مقادیر آب تخصیص یافته واقعی و حاصل از اجرای الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری در منطقه دو محدوده مطالعاتی



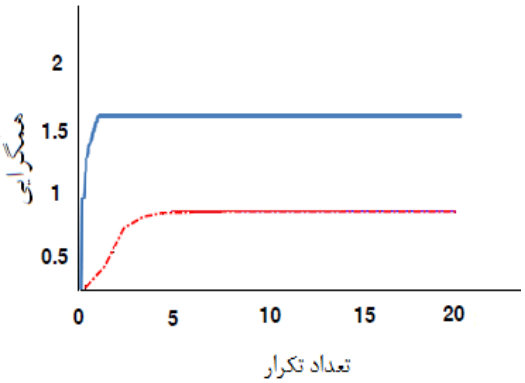
شکل (۴): مقایسه مقادیر آب تخصیص یافته واقعی و حاصل از اجرای الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری در منطقه سه محدوده مطالعاتی



شکل (۵): مقایسه مقادیر آب تخصیص یافته واقعی و حاصل از اجرای الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری در منطقه چهار محدوده مطالعاتی

همچنین از شکل‌های بالا این‌گونه استنباط می‌شود که کم‌ترین مقدار آب تخصیص یافته در منطقه چهار محدوده مطالعاتی و مربوط به سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۲ و بیش‌ترین مقدار آب تخصیص یافته در منطقه یک محدوده مطالعاتی و در محدوده سال‌های ۷۳-۱۳۷۰ و ۷۸-۱۳۷۷ می‌باشد. دلیل اصلی این امر، تغییر در مناطق زیر کشت محصولات کشاورزی می‌باشد.

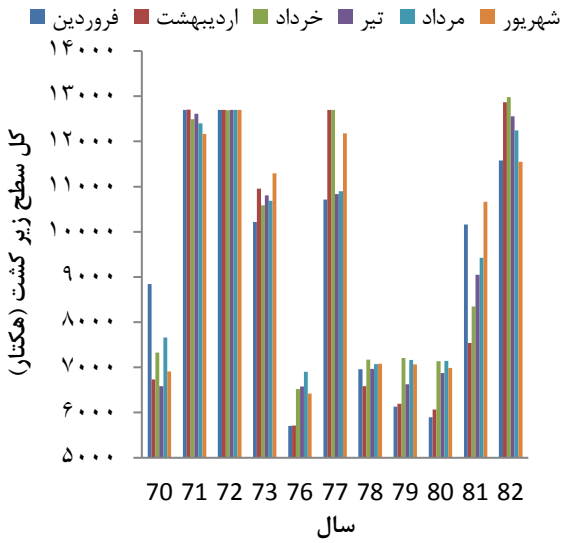
شکل (۶)، همگرایی هزینه برای الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از دیاگرام‌های همگرایی نشان داده شده بر می‌آید، الگوریتم رقابت استعماری به همگرایی نسبتا بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک رسیده است.



شکل (۶): همگرایی هزینه برای الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری

نتایج نشان می‌دهد هر دو الگوریتم توانسته‌اند به همان جواب تحلیلی مسأله برسند. البته مسأله در نظر گرفته شده فقط برای نشان دادن شیوه اعمال الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق است و برای به چالش کشیدن دو الگوریتم موفق بهینه سازی در تمام زمینه‌های حوزه منابع آب مناسب نمی‌باشد.

شکل (۷)، کل سطح زیر کشت بهینه در هر سال را که از اجرای مدل تعیین الگوی کشت بهینه براساس مقادیر برآورد شده منابع آب توسط دو الگوریتم ژنتیک و رقابت استعماری در ابتدای هر ماه از سال و با اعمال محدودیت حداقل و حداکثر سطح زیر کشت را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۷)، مشاهده می شود که برر سی‌ها بایستی در دو بخش جداگانه صورت گیرد.



شکل (۷): کل سطح زیرکشت بهینه در ابتدای هر ماه بر حسب هکتار، براساس مقادیر تخمینی

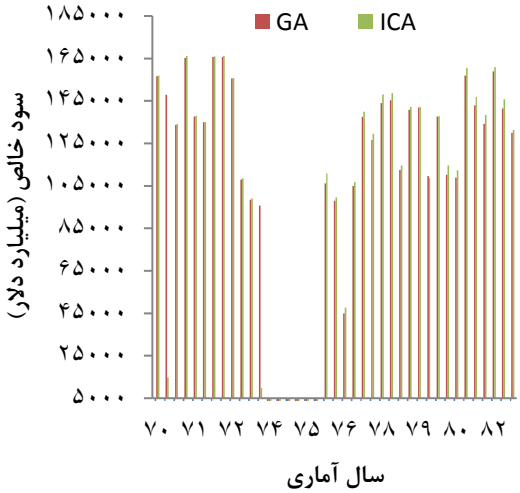
الف) سال‌هایی که مقادیر برآورد شده بیش‌تر از مقادیر واقعی با شد. در طی این سال‌ها شاهد کاهش سطح زیر کشت محصولات از مقدار اولیه آن‌ها بودیم که با کاهش سطح زیر کشت، تنها درصدی از سطح زیر کشت، به‌صورت کامل آبیاری می‌شود.

ب) سال‌هایی که مقادیر منابع آب بیش‌تر از مقادیر برآورد شده باشد که این‌گونه استنباط می‌توان کرد که در اکثر سال‌های آماری سطح زیر کشت با روند افزایشی مواجه بوده است.

در شکل (۸) و جدول (۳)، سود خالص در هر سال با اعمال ضرایب ۰/۶، ۰/۷۵ و ۰/۹ نشان داده شده است. همان‌گونه که از شکل ۸ مشاهده می شود، سود در بازه زمانی ۷۲-۱۳۷۰ با روند صعودی و رو به رشد مواجه بوده ولی سپس روند نزولی را طی می‌کند. اعمال ضریب ۰/۹ در مقایسه با اعمال دو ضریب ۰/۷۵ و ۰/۶، در بردارنده سود بیش‌تر حاصل از فروش محصولات می‌باشد. در بین سال‌های مورد برر سی کم‌ترین مقدار سود مختص سال ۱۳۷۶ می‌باشد که دلیل آن را می‌توان در سطح زیر کشت بهینه و مقدار آب تخصیص داده شده در منطقه دانست. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار سود حاصله مربوط به سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۲ می‌باشد که حاکی از رشد کشاورزی در منطقه بوده است. همان‌طور که از شکل

۸ و جدول ۳ ا ستنباط می شود، الگوریتم رقابت استعماری با تخصیص ۲۲۸۸۱ هزار مترمکعب در سال ن سبت به الگوریتم ژنتیک با تخ صیص ۱۹۷۹۰ هزار مترمکعب در سال، به‌ترتیب دارای ۹ و ۲۵ در صد ا ستفاده از منابع آب در حالت بهینه در بخش کشاورزی می‌باشند.

در حالت کلی با توجه به تخ صیص‌های صورت گرفته تو سط الگوریتم رقابت ا ستعماری، ۱۱۰ میلیارد دلار درآمد حاصل در حالت بهینه تخصیص منابع آب حاصل می‌شود که برابر با ۴۰ درصد رشد اقتصادی در بخش کشاورزی می‌باشد.



شکل (۸): سود خالص در هر سال

جدول (۳): مقایسه دو مدل بهینه‌سازی ICA و GA در بخش کشاورزی

الگوریتم	مصارف آبی	مقدار مصرف آب در بهینه‌ترین حالت (هزار مترمکعب)	درآمد حاصل (میلیارد ریال)	رشد اقتصادی (٪)
ICA	کشاورزی	۲۲۸۸۱	۱۱۰	۴۰
	خدمات	-	-	-
	مجموع		۱۱۰	۴۰
GA	کشاورزی	۱۹۷۹۰	۹۷	۳۵
	خدمات	-	-	-
	مجموع		۹۷	۳۵

مقایسه مطالعه حاضر با نتایج سایر پژوهشگران

مقادیر درآمد حاصله (رشد اقتصادی) حاصل از تخصیص اقتصادی در حوضه منابع آب پژوهش حاضر با نتایج بهدست آمده از مطالعه حبیبی داویجانی و همکاران (۱۳۹۲) و سیاسر و هنر (۱۳۹۶) که به‌ترتیب با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم پیشرفته GAPSO به بهینه سازی تخصیص منابع آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات پرداخته بودند، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بیانگر آن است که در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای با توجه به وضعیت منابع آب در مقایسه با بخش‌های مرکزی و کویری ایران، محصول گندم به سبب سود اقتصادی بالا به عنوان محصول زراعی پر درآمد منطقه تلقی شده و در نتیجه تخصیص اقتصادی منابع آب توسط الگوریتم ICA در این منطقه با رشد اقتصادی ۴۰ درصدی روبرو خواهد بود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش جهت برآورد و تخصیص بهینه آب از روش نوین و قدرتمند الگوریتم رقابت استعماری بهره گرفته شد. مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای می‌باشد. الگوریتم رقابت استعماری سرعت مناسبی در یافتن جواب بهینه دارد، به عبارت دیگر نرخ همگرایی بالایی دارد و می‌تواند بهینه سراسری را در یک مسأله بهینه‌سازی پیدا نماید. در پژوهش حاضر نتایج حاصل از اجرا و به‌کارگیری الگوریتم رقابت استعماری با دستاوردهای الگوریتم ژنتیک مقایسه گردید. نتایج نشان داد که در برآورد مقادیر منابع آب، الگوریتم پیشنهادی (الگوریتم رقابت استعماری) بسیار بهینه بوده و در یافتن جواب بهینه از همگرایی، سرعت و دقت بالایی برخوردار است. در سیستم مورد مطالعه جمعیت اولیه ۱۰۰ و تعداد مراحل اجرای برنامه برابر با ۲۰۰۰ انتخاب گردید که بهترین نتایج را در بر داشت. هم‌چنین نتایج حاصله از برآورد و بهینه‌سازی مصرف آب، نشانگر این مطلب بود که کم‌ترین مقدار آب تخصیص یافته در منطقه چهار محدوده مطالعاتی و مربوط به سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۲ و بیش‌ترین مقدار آب تخصیص یافته در منطقه یک محدوده مطالعاتی و در محدوده سال‌های ۷۳-۱۳۷۰ و ۷۸-۱۳۷۷ می‌باشد. تخصیص‌های صورت گرفته توسط الگوریتم رقابت استعماری ۱۱۰ میلیارد دلار درآمد حاصل در حالت بهینه (برابر با ۴۰٪) در بخش کشاورزی را به‌دست داد. به‌طور کلی با توجه به نتایج بهدست آمده از این پژوهش می‌توان برتری الگوریتم رقابت استعماری و هم‌چنین کارآیی و نرخ همگرایی بالای الگوریتم پیشنهادی جدید را در تخصیص بهینه آب به اثبات رساند.

منابع

حبیبی داویجانی، م.، م. بنی‌حبیب و س. ر. هاشمی. ۱۳۹۲. مدل بهینه‌سازی تخصیص منابع آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات با استفاده از الگوریتم پیشرفته GAPSO. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۴، ص ۶۸۰-۶۹۱.

خاشعی سیوکی، ا.، ب. قهرمان و م. کوچک‌زاده. ۱۳۹۲. کاربرد تخصیص و مدیریت آب کشاورزی با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی PSO (مطالعه موردی: دشت نیشابور). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دوره ۲۷، شماره ۲، ص ۲۹۲-۳۰۳.

زحمتکش، م و منتظر، ع. ا. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد تعدادی از شبکه‌های آبیاری جهان با استفاده از شیوه مقایسه‌ای و تحلیل داده کاوی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دوره ۲۵، شماره ۵، ص ۱۰۴۲-۱۰۵۷.

سیاسر، ه. و ت. هنر. ۱۳۹۶. بهینه سازی تخصیص آب و الگوی کشت محصولات غالب کشاورزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک. سومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۲۱ تیرماه ۱۳۹۶.

کیافر، ه.، س. ع. ا. صدرالدینی، ا. ح. ناظمی و ه. ثانی خانی. ۱۳۸۹. تخصیص بهینه آب در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از الگوریتم زنتیک. نشریه علمی پژوهشی آبیاری و آب ایران، دوره ۱، شماره ۱، ص ۵۲-۶۱.

کرامتی طرقی، م.، ن. ا. عیسی‌لو. و ع. قنبری. ۱۳۸۸. بررسی عوامل مؤثر بر میزان آب خروجی از زهکش‌های شبکه آبیاری و زهکشی مغان و تأثیر شیوه‌های بهره‌برداری بر آن. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی.

Atashpaz Gargari, A. 2008. Development of social optimization algorithm and its efficiency review. Master's Thesis, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Tehran.

Babel, M. S., Das Gupta. A. Nayak D. K. 2005. A model for optimal allocation of water to competing demands. Water resources management, 19 (6): 693-712.

Janga Reddy, M. Nagesh Kumar, D. 2010. Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops using elitist-mutated particle swarm optimization. Hydrology Science Journal, 52(4): 686-701.

Janga Reddy, M. J. Nakush, kuma, D. 2007. Multi-objective particle swarm optimization for generating optimal trade-offs in reservoir operation. Hydrology Process, 21: 2897-2909.

Glodberg, D. D. 1989. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, Addison Wesley publishing company Inc.,401.

Moradineghad, H. 2012. Management the maintenance of Water Supply and Irrigation Networks. Water and Wastewater unit, National Iranian Dilliring Center.

Raju, K. S. Nagesh Kumar, D. 2004. Irrigation planning using genetic algorithms, Water Resources Management, 18 (2): 163-176.

Optimal and Economic Water Allocation in Irrigation and Drainage Network Using ICA Algorithm (Case Study: Sofi-Chay Network)

Somayeh Emami[1], Yahya Choopan[2], Milad Kheyri Ghoujeh Biglou[3], Mosa Hesam[4]*

Abstract

Water scarcity especially in Iran and the recent drought, achieving a water policy is of important particular. Optimal water collocation under controlled and climatic and real conditions, in the past two decades, it has been one of the major concerns of researchers and engineers. The main purpose of this research is to use the imperialist competitive algorithm (ICA) to estimate and water allocation. the imperialist competitive algorithm is a new optimization algorithm and compared with other optimization has par or even higher ability to optimize a variety of issues. This algorithm for finding the optimal solution is speed. In other words, an optimal convergence rate is high and can find global optimized in optimization problems. In this study, ICA was used for optimizing water resources values from 1991 to 2003 agriculture years about the Sofi-Chay drainage network to achieve the most optimal policy. The results of the application of the ICA to the issue of water allocation and compared with genetic algorithm results indicate that the proposed method is very successful. The results showed that the results of the implementation of the ICA algorithm in comparison with the genetic algorithm are very close to the measured values of water allocated. The results showed that the results of the implementation of the ICA algorithm compared with the Genetic algorithm is very close to the measured values of water allocated. Also, the results showed that the lowest amount of water allocation in the 4th study area in 1997-2003 and the highest amount of water allocation in the 1st study area in 1991-1994 and 1998-1999. The results showed that the results of the implementation of the ICA algorithm in comparison with the genetic algorithm are very close to the measured values of water allocated. Also, the results showed that the lowest amount of water allocation in the 4th study area in 1997-2003 and the highest amount of water allocation in the 1st study area in 1991-1994 and 1998-1999. The results also indicate that generally, optimal water resource allocation between different parts (agriculture and services), 40% of the proceeds is recovering from the current situation.

Keywords: Water Resources, Optimization, Agriculture, Drought**.**

[1] Ph.D. Student of Water Structures, Department of Science and Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran, (somayehemami70@gmail.com)
[2] Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Department of Science and Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (yahyahoopan68@gmail.com)
[3] Master of Water and Hydraulic Structures, Islamic Azad University, Pars Abad MoghanUnit, Moghan, Iran, (eng.miladenoor@gmail.com)
[4]*Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (m.hesam@yahoo.com)