تلفیق استفاده از مدل برنامه ریزی منابع آب MODSIM و الگوریتم فراکاوشی PSO در تعیین حجم بهینه‌ی مخازن آب شرب (مطالعه نمونه ای: شهر گرگان)

سمیرا حسین پور[۱] ، امیر احمد دهقانی[۲*]، عبدالرضا ظهیری[۳]، مجتبی شوریان[۴]، مهدی مفتاح هلقی[۵]

چکیده

نیاز روز افزون به آب نتیجه رشد جمعیت و توسعه شهری است که برنامه‌ریزی همه جانبه ای را برای تأمین آب به مقدار کافی و کیفیت مناسب دربرداشته و مدل‌سازی یکی از ضروریات مدیریت و برنامه‌ریزی برای منابع و مصارف آب است. به منظور تعدیل فشار و سرعت جریان در لوله‌ها، معمولا بر اساس پستی و بلندی، شهر به منطقه‌های مختلف تقسیم شده و در هر منطقه مخزنی تعبیه می‌شود. معمولا این مخازن به هم متصل بوده و هنگامی که نیاز در یک منطقه شهر افزایش می یابد، کمبود آب از منطقه‌های دیگر جبران می شود. در این تحقیق حجم بهینه‌ی مخازن آب شرب شهر گرگان با استفاده از مدل MODSIM و الگوریتم فراکاوشیPSO در سناریوهای مختلف مدیریتی محاسبه و نتایج آن با یکدیگر مقایسه شده اند. MODSIMیک سامانه پشتیبانی تصمیم مدیریت منابع برای تحلیل برنامه‌ریزی بلندمدت، مدیریت میان‌مدت و عملکردهای کوتاه‌مدت است. جهت واسنجی مدل از داده‌های سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ در مقیاس روزانه استفاده شد و نهایتاً قابلیت مدل براساس معیارهائی همچون اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری مورد ارزیابی قرار گرفته است. تایج نشان می‌دهند که در تمامی سناریوهای مدیریتی، در دوره‌ی بلندمدت ۱۴۲۰، منطقه اول فشاری (شمالی‌ترین قسمت گرگان) و مناطق ۸ تا ۱۰ (جنوبی-ترین قسمت گرگان) مناطق غیربحرانی هستند و به افزایش حجم مخازن نیاز ندارند. ولی در مناطق ۲تا ۷ نیاز به افزایش حجم مخازن وجود دارد، که منطقه ی ۳ بحرانی‌ترین منطقه بوده و آسیب‌پذیری این منطقه بدون طراحی مخزن ۱۱/۵هزارمترمکعب در روز است که با طراحی مخزن با کاربرد روش بهینه سازی به مقدار هزارمترمکعب در روز می‌رسد و در بقیه مناطق مقدار آسیب‌پذیری کمتر است که با بهینه سازی مقدار آن بسیار کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: بهینه سازی، MODSIM، PSO، شاخص اعتمادپذیری، شاخص آسیب پذیری، شهر گرگان.

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۲] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تلفن:۰۱۷۳۲۴۲۶۴۳۶ ، Email: a.dehghani@gau.ac.ir
[۳] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۴] استادیار، گروه عمران آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی
[۵] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

آب به عنوان یکی از عناصر اصلی توسعه ی پایدار از سه جنبه،کالای مصرفی با اهمیت، کالای اساسی در فعالیت‌های اقتصادی کشاورزی، عنصر حیاتی در کارکردهای زیست محیطی حائز اهمیت است.افزایش جمعیت و محدودیت منابع، بشر را به سوی استفاده بهینه از منابع مختلف سوق داده است. با توجه به نقش اساسی آب در زندگی بشر، مدیریت بهینه منابع آب از جمله مباحثی است که بایستی توجه خاصی به آن معطوف گشته و از ابزارهای مناسب بهینه سازی جهت بهره برداری از آن استفاده گردد. بهینه سازی در کلیه شاخه-های علمی به خاطر استفاده از زمان مفید، هزینه متعادل و ... از اهمیت زیادی برخوردار است. گاهی پیچیدگی‌های حاکم بر مسأله از کارایی روش‌های معمول کاسته و نیاز به استفاده از روش‌های مناسب که توانایی جستجوی کارآمد فضای تصمیم را داشته باشند نمایان می‌سازد. الگوریتم‌های فراکاوشی، روش‌هایی هستند که با الگوبرداری از رفتار موجودات زنده، به خصوص حرکات جمعی آنان، به جستجوی نقطه ی بهینه می‌پردازند. کسب نتایج موفقیت آمیز الگوریتم‌های مذکور، درحل مسائل بهینه‌سازی و قابلیت ارائه ی نقاط نزدیک بهینه، محققان را در جهت استفاده از این الگوریتم‌ها در حوزه ی منابع آب تشویق نموده است. الگوریتم PSO که یکی از روش‌های فراکاوشی است، این قابلیت را داراست که در بسیاری از مسائل بهینه سازی مهندسی مورد استفاده قرار گیرد.

شریفی (۱۳۸۴) با توسعه ی الگوریتم جامعه مورچگان به صورت چند هدفه، مسأله بهره برداری دوهدفه از یک سامانه تک مخزنه را مورد بررسی قرار داد. سروری و همکاران (۱۳۸۵) با کمک الگوریتم PSO طراحی بهینه ی حجم مخزن را برای تأمین مطمئن نیاز آبی استفاده کردند. نتایج حاصله از مقایسه‌ای جواب‌های این الگوریتم و روش بهینه سازی خطی نشان دهنده ی کارآمدی این الگوریتم در رسیدن به راه جواب‌های بهینه برای طراحی بهینه مخازن سدها است. فلاح مهدی‌پور و همکاران (۱۳۸۷) از الگوریتم چند هدفه بهینه سازی مجموعه ی ذرات برای تولید مجموعه جواب جهت تأمین اهداف برقابی و مهار کردن سیلاب و تفریحات مخزن استفاده کردند. آزادنیا و زهرایی (۱۳۸۹) از روش الگوریتم بهینه سازی PSO برای حل مسئله ی بهینه سازی چند هدفه‌ی بهره‌برداری از مخزن استفاده کردند. سبززاده و علیمحمدی (۱۳۹۱) بهترین مقدار ضریب جریان بازگشتی[1] از کشاورزی و سهم جریان ورودی به منابع سطحی و زیرزمینی را از این جریان به کمک واسنجی خودکار مدل MODSIM و تلفیق آن با الگوریتم بهینه سازی دسته‌ی ذرات برآورد کردند. ژوبرت و همکاران (۲۰۰۳) در جهت انتخاب سیاست مناسب مدیریتی بین نیازها و مقدار آب در یکی از شهرهای آفریقای جنوبی یک مسئله ی چندهدفه را با استفاده از الگوریتم فراکاوشی حل نمودند. شایو و همکاران (۲۰۰۵) سیاست ذخیره‌ی مناسب بهره برداری را از مخزن با استفاده از برنامه ریزی سازشی استخراج نمودند. گیل و همکاران (۲۰۰۶) از الگوریتم PSO چندهدفه برای تخمین ۱۳ فراسنج مدل Sacramento soil moisture accounting، که یک مدل معروف مفهومی بارش-رواناب است، استفاده کردند. شوریان و همکاران (۲۰۰۷) الگوریتم PSO را با مدل MODSIM تلفیق کرده‌اند. ردی و کومار (۲۰۰۷) برای حل مسائل چندهدفه بهره برداری از مخزن روش EM-MOPSO را پیشنهاد کردند. این نوع از PSO برای یافتن راه حل مناسب از یک آرشیو خارجی با اندازه متغیر استفاده می‌کند. بالیتر و فونتن (۲۰۰۸) از MOPSO برای حل مسائل چند هدفه استفاده نموده و کاربرد آن را از سه جنبه بررسی کردند: ۱- حل توابع نمونه برای مقایسه با نسخه‌های دیگر MOPSO و نیز الگوریتم‌های دیگر، ۲- مسئله‌ی بهره‌برداری از مخزن چند کاربرده با چهار تابع هدف و ۳- بهره‌برداری کیفی از مخزن با سه تابع هدف. اسچرلینکت و همکاران (۲۰۰۹) از دو الگوریتم PSO و MWARPE برای تخمین فراسنج-های مدل آب شناسی استفاده کردند.

هدف از این مقاله بهینه سازی حجم مخازن آب شرب شهری با توجه به تجزیه و تحلیل منابع آب موجود و آب مصرفی شهر در افق بلندمدت (۱۴۲۰) با الگوریتم PSO و مدل MODSIM است. همچنین محاسبه‌ی حجم بهینه مخازن با بررسی و تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف مدیریتی از اهداف دیگر این مقاله به حساب می-آید.

[1] return flow

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مطالعه شده

شهر گرگان مرکز استان گلستان و در موقعیت جغرافیایی ′۲۰و°۴۵ عرض شمالی و ′ ۵۰و°۳۶ طول شرقی درشمال شرق ایران واقع شده و مساحتی بالغ بر ۳,۰۸۰ هکتار دارای □□□□□□ نفر جمعیت در سال ۱۳۹۱ است. این شهر دارای اقلیم نیمه خشک بوده است. منابع تامین آب در این شهر از چاه‌ها و رودخانه می‌باشد که سهم چاه‌ها در تامین آب بسیار بیشتر از منابع آبهای سطحی است. جدول۱ مشخصات مخازن موجود شهر و منطقه ای را که تحت پوشش هر مخزن قرار دارد مشخص می‌کند و مخازنی که به نام مخازن ذخیره ای هستند به عنوان پل ارتباطی بین منطقه‌های مختلف نیز بوده و در صورت لزوم منطقه‌های مختلف را برای آبرسانی بهتر بهم وصل می‌کنند.

جدول۱-مشخصات مخازن موجود آب شرب شهرگرگان

مشخصات مخازن موجود					
نام مخزن	ظرفیت مترمکعب	تغذیه منطقه	نام مخزن	ظرفیت مترمکعب	تغذیه منطقه
شصت کلاته ۲	2000	1	مرکزی ۱	5000	4
سیاهتلو	20000	2	محتشم	1500	4
شصت کلاته ۱	5000	2	گرمابدشت	4000	ذخیره
خرگوش تپه ۱	1500	ذخیره	گلشهر ۲	500	5
والش آباد	4000	ذخیره	گلشهر ۱	5000	5
شهید کلانتری	7000	3	دخانیات	2000	6
دی	1300	3	فردوس	2000	7
گلها ۱	5000	3	سیدمسعود ۲	1000	8
گلها۲	4000	3	سیدمسعود ۱	1500	ذخیره
اوحدی	10000	4	باباطاهر	1000	9
مرکزی ۲	2000	4	ناهارخوران	5000	10

مدلMODSIM

یک مدل شبیه سازی-بهینه سازی و یک سامانه پشتیبان در تصمیم‌گیری برای سامانه‌های بهره‌برداری چند منظوره از مخازن، مدیریت تلفیقی منابع آب سطحی و زیرزمینی، با قابلیت در نظر گرفتن ساز و کار حاکم بر مناسبات اداری و قانونی استفاده از منابع آب است. یکی از قابلیت‌های این مدل امکان کدنویسی در آن به زبان-های VB.Net و C#.Net است. این مدل از روش برنامه-ریزی جریان شبکه (flow programming network) یا NFPبرای بهینه سازی تخصیص آب درسیستم در هر گام زمانی استفاده می‌کند. در این مدل مسأله حداقل هزینه شبکه جریان و به عبارتی تخصیص بهینه آب بین مصارف متعدد به صورت تکراری و در طول زمان در هر گام زمانی حل می‌شود. رابطه‌بندی عمومی یک مدل NFPبه شکل زیر است:

$$\text{minimize} \sum_{k\in A} C_K q_K \qquad (۱)$$

for all nodes i Є N

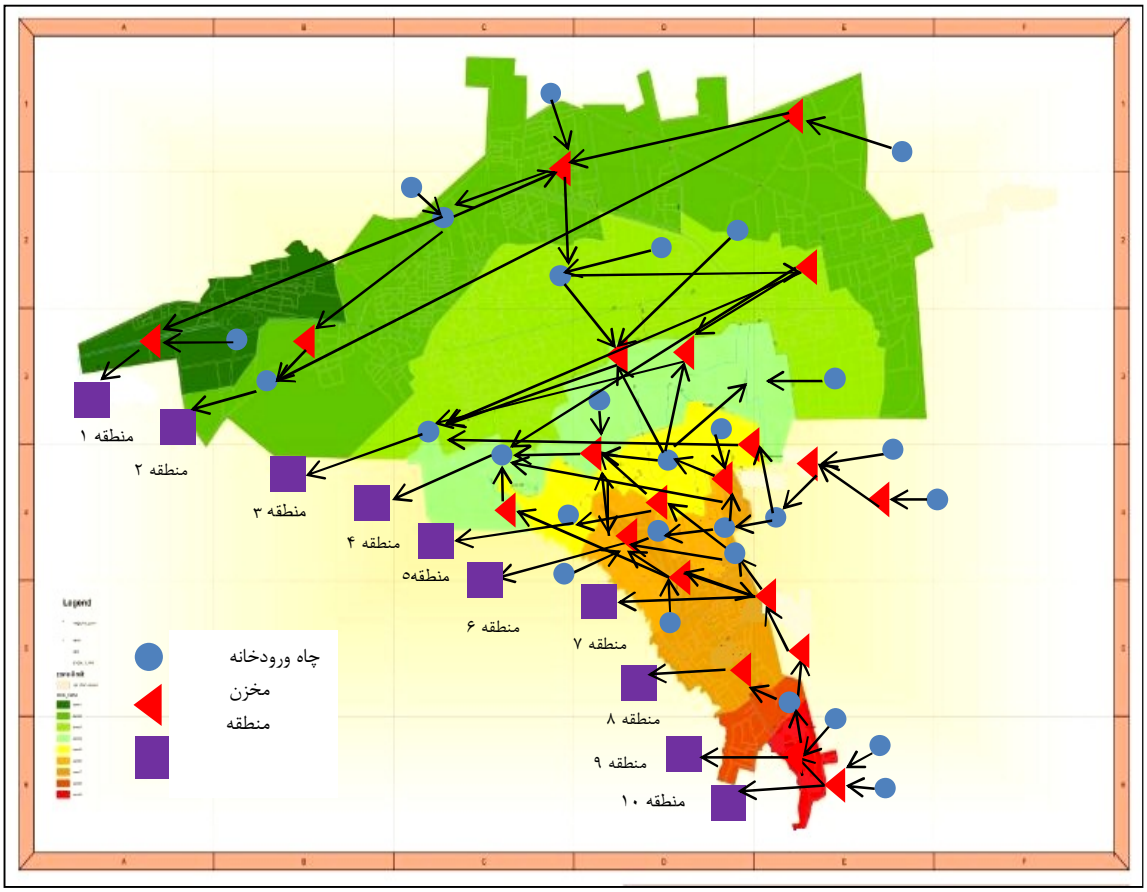
$$subject \sum_{k\in o_i} q_k - \sum_{k\in oj} q_j = b_{it}(q) \qquad (۲)$$

$$l_{ij} \le q_{ij} \le u_{ij} \quad \text{for all links } k\in A \qquad (۳)$$

که A مجموعه همه ارتباط‌ها در شبکه؛ N مجموعه همه گره‌ها؛ O_i مجموعه همه ارتباط‌هایی خروجی که مبدأ آنها گره i است؛ I_i مجموعه همه ارتباط‌های ورودی که انتهای آنها در گره i است؛ b_{it} افت مثبت یا منفی در گره i در زمان t؛ q_k مقدار جریان در ارتباط k؛ c_k هزینه ها، ضرایب وزنی یا اولویت‌های حقابه برای هر واحد نرخ جریان در ارتباط k؛ و l_{kt} و u_{kt} به ترتیب حدود تعریف شده پائین و بالا جریان در ارتباط k در زمان t است.

شکل۱ مدل‌سازی شهر گرگان را در MODSIM نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشخص است، در حال حاضر در شهر گرگان ۱۰ منطقه وجود دارد. منطقه

اول در شمال و منطقه ۱۰ در جنوب گرگان واقع شده است. مدل‌سازی شهر گرگان برای یک دوره‌ی ۱ساله از فروردین ۱۳۹۱تا فروردین ۱۳۹۲ به صورت روزانه انجام شد، دوره‌ی طرح برای افق درازمدت برابر با ۲۷سال پس از مدل‌سازی تا سال ۱۴۲۰ است. برای واسنجی و صحت سنجی از داده‌های ارتفاع سطح آب مخازن در همین سال استفاده گردید.



شکل ۱-مدل‌سازی ارتباط بین مخازن و نقاط مصرف در مناطق مختلف شهر گرگان در نرم افزار MODSIM

جدول ۲- بررسی سناریوهای وضعیت آتی منابع تامین آب در منطقه‌ی مورد مطالعه

علامت اختصاری	سطح سناریو	توضیحات
S1	اول	سناریوی مرجع:تحت این سناریو هیچ گونه سیاست و راهکار ویژه‌ی مدیریتی اعمال نشده است.
S21	دوم	تحت این سناریو میزان آب زیرزمینی ۲۰٪ کاهش یافته است.
S22	دوم	تحت این سناریو میزان آب سطحی ۲۰٪ کاهش یافته است.
S23	دوم	تحت این سناریو منابع تأمین (چاه‌ها) با کیفیت نامناسب از شبکه حذف گردیده اند.
S24	دوم	تحت این سناریو تلفات شبکه از ۴۰٪ به ۲۰٪ کاهش یافته است.
S31	سوم	تحت این سناریو، ترکیبی از سناریوهای S21 و S22 بررسی می گردد.
S32	سوم	تحت این سناریو، ترکیبی از سناریوهای S21، S22 و S23 بررسی می گردد.
S33	سوم	تحت این سناریو، ترکیبی از سناریوهای S21، S22 و S23 و S24 بررسی می گردد.

سناریوهای در نظر گرفته شده برای وضعیت آتی منابع تامین آب

پس از اطمینان از واسنجی مدل، نتایج مدل MODSIM برای سناریوهای مختلف مندرج در جدول ۲ مورد ارزیابی قرار می گیرد. شاخصهای ارزیابی اعتماد پذیری و شکست پذیری هستند که در ادامه معرفی شده اند.

معیار ارزیابی کارایی سامانه

عملکرد سامانه‌های منابع آب اغلب به وسیله معیارهای ساده‌ای از قبیل میانگین و واریانس منفعت‌ها و یا متغیرهای بهره‌برداری بیان می‌شوند که مفید هستند. ولی اغلب کافی نمی‌باشند. تخطی کارآیی سامانه از یک آستانه‌ی کارآیی یا عدم توانایی سامانه در تأمین آب مورد نیاز را شکست سامانه گویند.

کارایی سامانه در مقابل شکست را در اینجا ازدو جهت می‌توان بررسی کرد:

۱. سامانه چند بار با شکست روبرو نمی‌شود (اعتمادپذیری[1])

۲. سامانه به طور میانگین چه مقدار آسیب می‌بیند (آسیب پذیری[2])

اعتمادپذیری:

$$\text{اعتمادپذیری} = \frac{\text{تعداد موفقیت}}{\text{تعداد کل گام زمانی}} \quad (۴)$$

تعداد موفقیت: در اینجا تعداد روزهایی است که سامانه بتواند مقدار تقاضا را تأمین کند.

تعداد کل: تعداد کل روزهای سال برای مدل که در اینجا یک سال است.

آسیب‌پذیری:

$$\text{آسیب پذیری} = \frac{\text{مجموع کمبود دردوره}}{\text{تعداد روزهای شکست}} \quad (۵)$$

مقدار کمبود: در اینجا جمع کل مقادیر تامین نشده تقاضا به کل دوره‌هایی که تقاضا تامین نشده است.

تعداد روزهای شکست: در اینجا تعداد روزهایی است که سامانه نتواند مقدار تقاضا را تأمین کند.

[1] reliability
[2] vulnerability

دراین تحقیق برای محاسبه‌ی اعتمادپذیری و آسیب پذیری از قابلیت کدنویسی به زبان VB.Net در MODSIM استفاده شده است و تعداد گام زمانی برای دوره یکساله درنظر گرفته شده است.

بهینه‌سازی

بعد از محاسبه‌ی ارزیابی سناریوهای مختلف با دو شاخص ارزیابی، اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری، به منظور تأمین کمبودها در سال‌های آتی باید راهکارهای مدیریتی را درنظر گرفت. در صورت اصلاح الگوی مصرف و تأمین منابع آب، و به منظور رفع کمبودها در افق‌های آتی، نیاز به محاسبه‌ی بهینه‌ی حجم مخازن است که در این تحقیق از الگوریتم بهینه سازی PSO استفاده شده است.

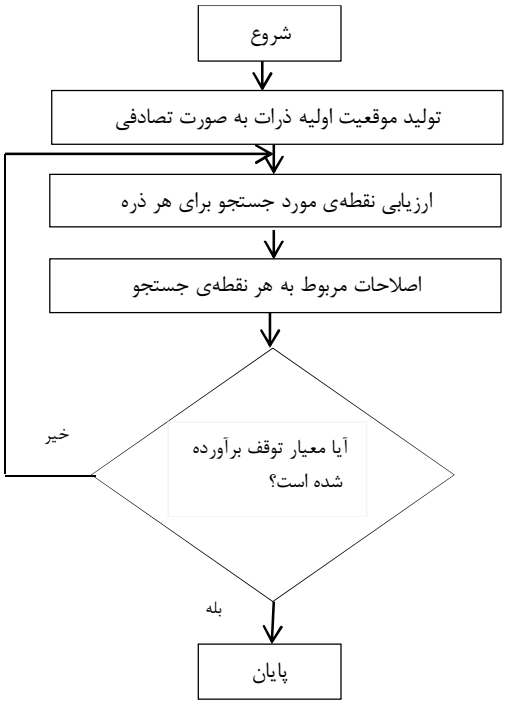
ساختار PSO

شکل دهنده‌ی اولیه PSOیک شبیه‌ساز رفتار دسته-جمعی بوده است که به منظور بررسی حرکت دسته پرندگان به کار می‌رفته است. چندین نسخه از مدل‌های شبیه‌سازی توسعه داده شدند که ترکیب کننده‌ی مفاهیمی نظیر هماهنگی با سرعت نزدیکترین همسایه و شتاب‌گیری متناسب با فاصله بودند (ابرهارت و همکاران، ۱۹۹۶؛ ابرهارت و کندی، ۱۹۹۵). زمانی‌که این موضوع درک شد که شبیه‌ساز می‌تواند به عنوان یک بهینه‌ساز مورد استفاده قرار گیرد، فراسنج‌های مختلفی در طی فرآنیدهای سعی و خطا حذف شدند که نهایتاً منجر به اولین نسخه‌ی ساده PSO گردید (ابرهارت و همکاران، ۱۹۹۶):

$$V_{id}^{n+1} = V_{id}^{n} + cr_1^n(p_i^n - X_{id}^n) + cr_2^n(p_{gd}^n - X_{id}^n) \quad (۶)$$

$$X_{id}^{n+1} = X_{id}^{n} + V_{id}^{n+1} \quad (۷)$$

که $i=1,2,\dots,N$ ؛ $d=1,2,\dots,D$ و N برابر با اندازه جمعیت، c یک ضریت ثابت مثبت به نام ثابت شتاب، r_1، r_2 اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت بین [0,1] و $n=1,2,\dots$ نشان دهنده‌ی شماره تکرار است. شکل۲ مراحل الگوریتم PSO را نشان می‌دهد.



شکل۲- مراحل الگوریتم PSO (Premalatha و Natarajan، ۲۰۰۹)

روش‌های افزایش قابلیت اکتشاف در الگوریتم PSO

یکی از مشکلات متعارف در استفاده از الگوریتم‌های بهینه سازی تکاملی، گرفتار شدن الگوریتم در نقاط بهینه‌ی محلی و به وجود آمدن شرایط همگرایی زودرس[3] است.

استفاده از روش کشش تابع در الگوریتم PSO

به منظور بهبود قابلیت الگوریتم PSO در نیل به جواب بهینه با تعداد کمتری از ارزیابی تابع هدف، و همچنین استفاده از راهکاری مناسب در ارتقاء توانایی الگوریتم PSO در مواجهه با مسائل غیر خطی و غیر محدب بزرگ مقیاس منابع آب، می‌توان از روش کشش تابع بهره برد. در الگوریتم PSO با کشش تابع (SPSO) در صورت توقف روند جستجو در یک نقطه‌ی بهینه‌ی محلی، با استفاده از دو تابع انتقال در دو مرحله‌ی تابع هدف مسئله‌ی بهینه‌سازی در جهت حذف بهینه‌های محلی ناخواسته تغییر شکل می‌یابد. این انتقال دو مرحله‌ای تابع هدف اولیه مسأله f(x) را پس از ردیابی یک نقطه بهینه محلی $\bar{x}$ در تابع f می‌توان با استفاده از معادلات زیر بیان نمود:

(۸)

$$G(x) = f(x) + \frac{\gamma_1}{2}\left\|x - \bar{x}\right\|(sign(f(x) - f(\bar{x})) + 1)$$

(۹)

$$H(x) = G(x) + \frac{\gamma_2(sign(f(x) - f(\bar{x}) + 1)}{2\tanh(\mu(`G(x) - G(\bar{x}))}$$

که در این معادلات γ_1 و γ_2 و μ ثابت‌های اختیاری مثبت انتخاب شده و $sign$ نشان‌دهنده‌ی تابع علامت سه مقدار شناخته شده است.

تابع هدف و قید مربوطه

در این تحقیق از الگوریتم بهینه‌سازی PSO به عنوان الگوریتم بهینه‌ساز برای تخمین حجم مخازن جدید در مدل MODSIM استفاده شده است. تابع هدف، حداقل کردن مقدار هزینه حاصل از ساخت مخازن در مقابل سود حاصل از مقدار آبی است که برای حداقل کردن آسیب‌پذیری هر منطقه از معادله ۱۰ به دست می‌آید. برای بهینه سازی، حداقل حجم مخازن ۱۰۰۰ مترمکعب درنظر گرفته شده است.

[3] premature convergence

$$cost(iter, i)=w1(unitCostRes * (m1Cap(iter, i) + m2Cap(iter, i) + m3Cap(iter, i) + m4Cap(iter, i) + m5Cap(iter, i) + m6Cap(iter, i) + m7Cap(iter, i) + m8Cap(iter, i))) – W2(unitCostSup * (sumShort_0 + sumShort_1 +sumShort_2 + sumShort_3 + sumShort_4 + sumShort_5 sumShort_6 + sumShort_7 + sumShort_8 + sumShort_9)) + (Vulnerability(0) + Vulnerability(1) + Vulnerability(2) + Vulnerability(3) + Vulnerability(4) + Vulnerability(5) + Vulnerability(6) + Vulnerability(7) + Vulnerability(8) + Vulnerability(9) \quad (۱۰)$$

w_1 و w_2: ضرایب ایجاد توازن بین ترم‌های تابع هدف؛

i: نمایه گام زمانی؛

UnitCostRes : هزینه‌ی حاصل از ساختن مخـزن بـرای ۸مخزن جدید

UnitCostSup: سود حاصل از تأمین آب

Vulnerability : آسیب‌پذیری در هر منطقـه در هـر گـام زمانی.

نمودار گردشی روش انجام تحقیق حاضر در شکل ۳ ارائه شده است.

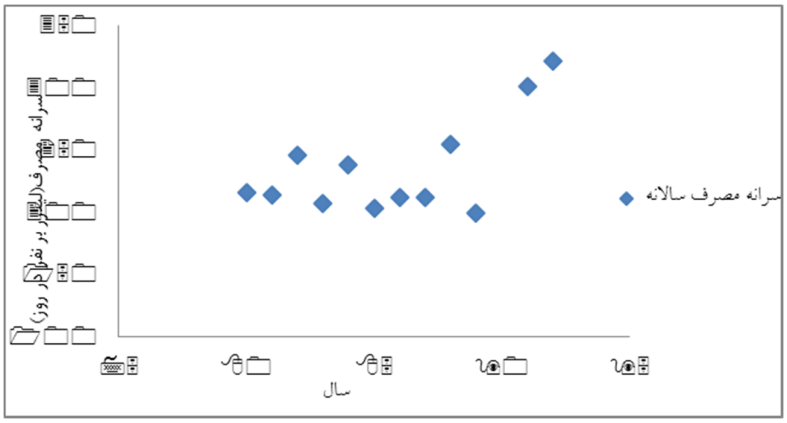
شکل۳- نمودار گردشی روش انجام تحقیق

نتایج و بحث

در این قسمت روش‌های محاسبه فراسنج‌ها، نتایج حاصل از واسنجی و اجرای مدل در دوره طرح با سناریوهای مختلف بررسی می‌گردد.

سرانه‌ی مصرف آب شهری

در نمودار شکل ۴ سرانه‌ی مصرف آب شرب شهرگرگان طی سالهای مختلف نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص است که، در سالهای اخیر سرانه مصرف آب افزایش یافته و روند تغییرات خطی نیست. در این تحقیق سرانه‌ی مصرف در سال ۹۱ مبنای تحقیق در نظر گرفته شده و سپس با تعیین روند تغییرات جمعیت در سال‌های آتی میزان نیاز به آب در کل شهر ملاک انجام تحلیل‌ها قرار گرفته است.



شکل۴- سرانه‌ی مصرف آب شهر گرگان در سال‌های ۸۰تا ۹۱

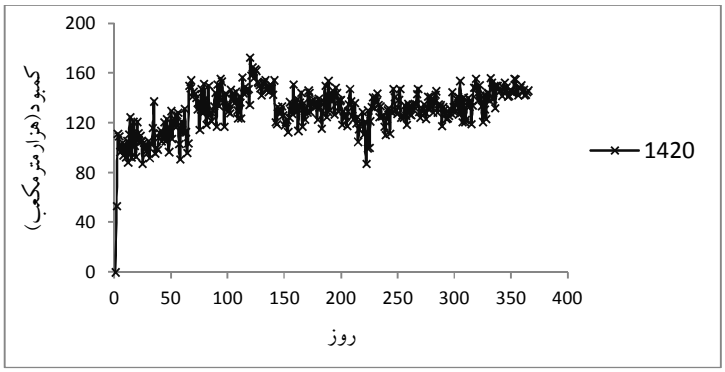
نتایج حاصل از واسنجی و ارزیابی مدل

به منظور واسنجی مدل، اولویتهای تخصیص در کل شهر به نحوی تنظیم شده‌اند تا معیارهای ارزیابی شاخص اعتمادپذیری و آسیب پذیری به مقادیر واقعی نزدیک شوند. نتایج حاصل از واسنجی مدل در جدول۳ برای سناریوهای مختلف ارائه شده اند.

جدول ۳- ارزیابی عملکرد سامانه برای کل منطقه تحت سناریوهای مختلف براساس اعتمادپذیری و آسیب پذیری

سال	سناریو	اعتمادپذیری	آسیب پذیری (هزارمترمکعب)	سناریو	اعتمادپذیری	آسیب پذیری (هزارمترمکعب)
1391	S1	1	0	S24	1	0
1420	S1	0	131	S24	0	79
1391	S21	0/0027	18	S31	0	46
1420	S21	0	144	S31	0	147
1391	S22	0/2411	4	S32	0	41
1420	S22	0	129	S32	0	167
1391	S23	0/0027	25	S33	0/0027	20
1420	S23	0	151	S33	0	121

شکل۵ مقدار کمبود را با سناریوی مرجع در سال ۱۴۲۰ نشان می‌دهد، همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در سال‌های آتی با ثابت درنظر گرفتن شرایط، روند افزایشی برای تقاضای مصرف آب شرب، کمبود آب شرب وجود خواهد داشت.



شکل ۵- مقدار کمبود به دست آمده در مدل برای سال‌آتی باتوجه به سناریوی مرجع بدون در نظر گرفتن منطقه بندی

باتوجه به افزایش میزان تقاضا در سال‌های آتی و کمبود منابع تامین آب، به مدیریت بهینه‌ی تامین آب با استفاده از ساختن مخازن ذخیره آب نیاز است. در جدول۴حجم مخازن مورد نیاز که در آن ۱۰ درصد حجم حداکثر به عنوان حجم اضطراری در نظر گرفته شده است برای هرمنطقه برای سناریوهای مختلف ارائه شده است، حداکثر حجم مخازن به دست آمده از سناریوها در هر منطقه به عنوان حجم مورد نیاز آن منطقه در نظر گرفته شده است.

حجم ذخیره‌ی بهینه‌ی با الگوریتم PSO

برای بهینه سازی حجم مخازن نیز می توان از روش بهینه سازی PSO استفاده کرد. چون تابع هدف در این تحقیق تابع پیچیده‌ای که شامل مجموع تعداد زیادی جمله، به تعداد دوره‌های شبیه‌سازی، است، لازم شد که ضرایب مربوطه در تابع هدف با سعی و خطا محاسبه شوند.

تحلیل حساسیت فراسنج‌های الگوریتم PSO

به منظور بهبود عملکرد الگوریتم‌های بهینه‌سازی باید تحلیل حساسیت برای فراسنج‌های دخیل در واسنجی انجام شود. این فراسنج‌ها شامل فراسنج‌های الگوریتمPSO و ضرایب w_1 و w_2 در تابع هدف هستند جود ندارد و این فراسنج‌ها با توجه به شرایط هر مسئله‌ی خاص انتخاب می‌شوند. فراسنج‌های PSO حداکثر تعداد نسل و تعداد جمعیت برای تحلیل حساسیت انتخاب شدند.

تحلیل حساسیت ضرایب وزنی در تابع هدف

به منظور انتخاب W_1 و W_2 مناسب، ضریب W_2 که برای ضریب جریان ورودی است برابر با یک قرار گرفته است. ضریب W_1در ابتدا برابر با یک قرار گرفته ولی باتوجه به نتایج حاصل از تابع هدف ضرایب ۱۰ و ۱۰۰ نیز بررسی شدند و عدد ۱۰۰ به عنوان بهترین عدد برای ضریبW_1 انتخاب گردیده و از آن در تابع هدف استفاده می‌شود.

تحلیل حساسیت فراسنج‌های PSO

جدول ۴ و جدول ۵ نتایج تحلیل حساسیت اندازه-ی جمعیت و تعداد تکرار را در PSO نشان می‌دهد. محدوده‌ی۱۰ تا ۵۰ برای اندازه جمعیت انتخاب شده است، یکی از مزیت‌های PSO کم بودن تعداد جمعیت در آن است. تعداد جمعیت ۲۰، بهترین نتیجه را برای تابع هدف تولید کرده است. در مورد تعداد تکرار، عدد ۱۳۰ به عنوان حداکثر تعداد تکرار در نظر گرفته شده است.

جدول۴- تحلیل حساسیت تعداد جمعیت الگوریتم PSO

مقدارتابع هدف	تعداد جمعیت
۸۹۸۶۵۰	۱۰
۷۶۴۵۶۳	۲۰
۸۲۶۵۴۳	۳۰

جدول۵- تحلیل حساسیت تعداد تکرار الگوریتم PSO

مقدار تابع هدف	تعداد تکرار
۹۳۲۵۳۴	۲۰
۹۲۴۵۶۲	۵۰
۸۱۲۵۴۳	۸۰
۷۶۴۵۶۲	۱۳۰

مقادیر به دست آمده حجم مخازن

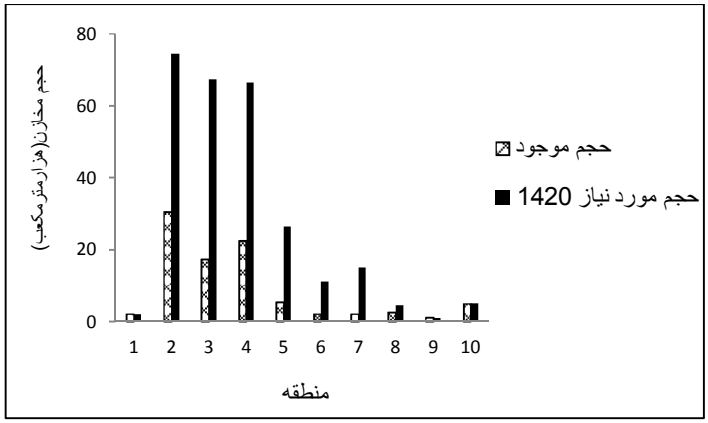
در جدول۶، مقادیر به دست آمده برای حجم مخازن از طریق بهینه سازی PSO ارائه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در مناطق ۱ و ۹ و ۱۰، به دلیل وجود منابع تأمین بالا و وجود مخازن کافی نیاز به اضافه کردن مخازن نیست، و در بقیه‌ی منطقه با توجه به مقدار تقاضا در سال ۱۴۲۰ حجم مخازن محاسبه شده است. برای اطمینان سامانه می‌توان از بیشینه حجمی که در هر منطقه برای هرسناریو به دست آمده استفاده کرد که در جدول زیر این مقادیر محاسبه شده است و صفر در جدول مذبور یعنی در این مناطق نیاز به اضافه کردن حجم با توجه به حجم موجود نیست.

جدول۶- مقادیر به دست آمده برای حجم مخازن از طریق بهینه سازی PSO (هزارمترمکعب)

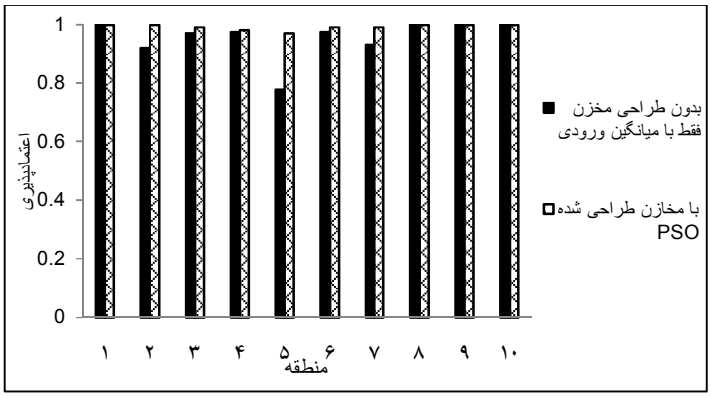
سناریو منطقه	S1	S21	S32	S23	S24	S31	S32	S33	بیشینه حجم مخزن
۱	0	0	0	0	0	0	0	0	0
۲	35	41	38	44	35	41	35	35	44
۳	48	45	40	50	42	48	41	41	50
۴	40	40	40	44	32	43	37	36	44
۵	21	21	21	21	12	21	17	17	21
۶	8	8	8	8	9	5	8	8	9
۷	12	12	12	12	8	13	10	10	13
۸	1	1	2	1	1	2	1	1	2
۹	0	0	0	0	0	0	0	0	0
۱۰	0	0	0	0	0	0	0	0	0

نتیجه‌گیری

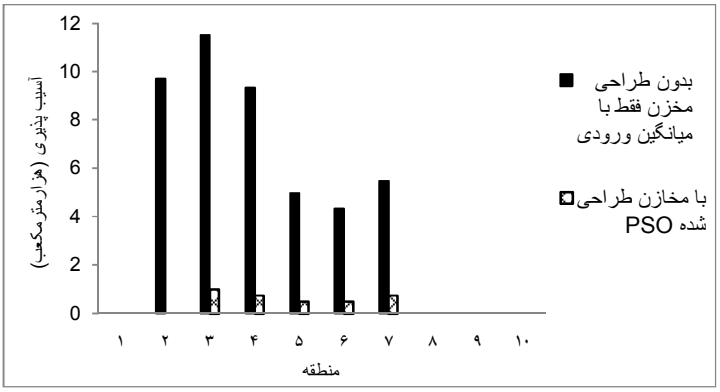
در این تحقیق سامانه توزیع آب در شهر گرگان با در نظر گرفتن سناریوهای تامین آب در سالهای آتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند چنانچه جمعیت شهر افزایش یافته و منابع تامین آب تغییر نکند، کمبود زیادی وجود خواهد داشت (شکل ۶) و اعتماد پذیری سامانه کم خواهد بود. برای رفع این کمبود می توان با ساختن مخازن آب شهری با حجم بهینه، انتظار کاهش آسیب پذیری و افزایش اعتماد پذیری سامانه توزیع را داشت (شکل‌های ۷ و ۸).



شکل۶- مقایسه‌ی حجم مخازن موجود و حجم مورد نیاز برای سال ۱۴۲۰ در منطقه‌های مختلف



شکل۷- مقایسه‌ی اعتمادپذیری سامانه در حالت‌های مختلف در سال ۱۴۲۰



شکل۸-مقایسه‌ی آسیب پذیری سامانه در حالت‌های مختلف در سال ۱۴۲۰

نتایج کلی تحقیق حاضر به قرار زیرند:

- ✓ مناطق ۱،۹،۸ و ۱۰ در تمامی سناریوها، شاخص اعتمادپذیری بالا و شاخص آسیب پذیری خیلی پائینی داشتند، ولی مناطق ۲ تا ۷ به دلیل تراکم جمعیتی بالا و منابع تأمین پائین، دقیقاً برعکس مناطق ۱،۹،۸ و ۱۰ بوده و دارای شاخص اعتمادپذیری پایین و شاخص آسیب‌پذیری بالایی هستند.
- ✓ در دوره‌های آتی،کمترین مقادیر اعتمادپذیری و بیشترین مقادیر آسیب‌پذیری برای منطقه ۲، ۳ و ۴ بوده، که در در اکثر موارد منطقه‌ی ۳ در این حالت مشاهده شده است.
- ✓ ارزیابی سناریوی S24، که مربوط به کاهش تلفات شبکه‌ی آبرسانی شهر بوده است، نسبت به سناریوهای دیگر با توجه به اعتمادپذیری و آسیب پذیری، نتایج بهتری را نشان داده است.
- ✓ ارزیابی سناریوی S32، که مربوط به ترکیب ۳ سناریوی S21، S22، S23 می‌باشد، نسبت به سناریوهای دیگر با توجه به نتایج شاخص‌های اعتمادپذیری و آسیب پذیری، رضایت بخش نبود.
- ✓ توجه به نتایج حاصل از سناریوهای آب زیرزمینی نشان می‌دهد که منبع آب زیرزمینی برای تأمین آب در دوره‌های آتی مورد اعتماد نبوده و باید از راهکارهای مدیریتی، از جمله آب پشت سد و یا انتقال آب از مازندارن استفاده شود.
- ✓ تعیین حجم مخازن با روش بهینه سازی نتایج بهتری را نسبت به بقیه سناریوها نشان می‌دهد.

منابع

۱) سروری، م. ر. معراجی، س. ح. ولی پور، ر. معراجی، س. ص. ۱۳۸۵. الگوریتم بهینه سازی PSO و کاربرد آن در طراحی بهینه حجم مخازن سدها. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲) فلاح مهدی پور، ا.، خیاط خلقی، م.، و بزرگ حداد، ا. ۱۳۸۷. کاربرد الگوریتم بهینه سازی مجموعه ذرات

چندهدفه در بهره برداری چند منطوره از مخزن. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

۳) آزادنیا، ا. زهرایی، ب. ۱۳۸۹. کاربرد الگوریتم بهینه سازی PSO در بهینه سازی چند هدفه بهره‌برداری از مخازن سدها. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه فردوستی مشهد.

۴) سبززاده، ا. علیمحمدی، س. ۱۳۹۱. برآورد ضریب جریان بازگشتی از کشاورزی به کمک الگوریتم بهینه سازی دسته ذرات، نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۴ (۶): ۲۹۰-۳۰۵.

۵) شریفی، ف. ۱۳۸۴. بهینه سازی بهره برداری از مخازن چندمنظوره با استفاده از الگوریتم چند جامعه ای مورچه‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علم و صنعت.

6) Baltar, A. M. and Fontane, D. G. 2008. Use of multiobjective particle swarm optimization in water resources management. ASCE Journal of Water Resources Planning and Management. 134(3): 275-265.

7) Eberhart, R. C. and Kennedy, J. 1995. A new optimizer using particle swarm theory. Proceedings Sixth Symposium on Micro Machine and Human Science. pp. 39-43. IEEE Service Center, Piscataway, NJ.

8) Eberhart R. C., Simpson, P., and Dobbins, R., 1996. Computational Intellingence PC Tools. Academic Press.

9) Gill M. K., Kaheil, Y. H., Khalil, A., and McKee, M., Bastidas, L. 2006. Multiobjective particle swarm optimization for parameter estimation in hydrology. Water Resources Research.

10) Joubert, A. Stewart, T. J. and Eberhard, R. 2003. Evaluation of water supply augmentation and demand management option for the City of Cape Town. Journal of Multi-Criteria Decision Analysi. 12(1): 17-25.

11) Premalatha, K. and Natarajan, M. 2009. Precreant PSO for fastening the convergence to optimal solution in the application of document clustering. Current Science. 96 (1): 137-143.

12) Reddy, M. J. and Kumar, D. N. 2007. Multi-objective particle swarm optimization for generating optimal trade-offs in reservoir operation. Hydrological Processes. 21: 2897-2909.

13) Shiau, J. Lee, H. 2005. Optimal hedging rules for a water- supply reservoir through compromise programming. Journal of Water Resour. Plng. and Mgmt, ASCE. 19(2): 111-132.

14) Shourian, M. Mousavi, S. J. and Tahershamsi, A. 2007. Basin-wide water resources planning by integrating PSO algorithm and MODSIM. Water Resources Management. 22(10) :1347-1366.

15) Scheerlinck, K. AND Pauwels, V. R. Vernieuwe, H. Baets, B. D. 2009. Calibration of water and energy balance model. Recursive parameter estimation versus particle swarm optimization. Water Resources research. 45.