توسعه الگوریتم مجموعه ذرات جهت بهره برداری بهینه از مخازن چندمنظوره (مطالعه موردی سد دز)

حسن ترابی پوده[۱*]، حجت الله یونسی[۲]، دانیال میرشاهی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۴/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۳/۱۰

چکیده

به علت محدودیت کمی و کیفی منابع آب، خشکسالی های درازمدت و افزایش جمعیت، احداث مخازن چندمنظوره ذخیره‌ی آب و بهینه‌سازی بهره‌برداری از این مخازن از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. در این تحقیق بهره‌برداری بهینه از سد دز با اهداف چندگانه‌ی تأمین تقاضای کشاورزی، شرب، محیط‌زیست، کنترل سیلاب و تولید انرژی برق‌آبی بررسی می‌شود. بدین منظور با ایجاد تغییراتی در الگوریتم فراکاوشی بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) الگوریتم جدید ازدحام ذرات جهش‌یافته (DMPSO) توسعه داده‌شده است و بهره‌برداری بهینه از سد دز با استفاده از این الگوریتم پیشنهادی موردبررسی قرارگرفته است. نتایج به‌دست‌آمده از این الگوریتم جدید با نتایج الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم سیاست بهره‌برداری استاندارد (SOP) مقایسه شده است. نتایج نشان داد که الگوریتم پیشنهادی DMPSO علاوه بر کنترل حجم مخزن برای جلوگیری از سیلاب، رهاسازی را در ماه‌های هرسال به‌طور مناسب توزیع کرده و کمترین آسیب‌پذیری را نسبت به الگوریتم PSO و SOP داشته است. درصد انحراف معیار کمبود ماهانه با استفاده از الگوریتم PSO، DMPSO و SOP به ترتیب معادل ۲۸، ۲۵ و ۴۷ بوده که بیانگر توانایی بالای الگوریتم DMPSO در بهره‌برداری بهینه از مخازن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی ازدحام ذرات، DMPSO، مخازن، چند منظوره

[۱].دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان، ایران، پست الکترونیکی: torabi.ha@lu.ac.ir (مسئول مکاتبه)
[۲] استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان، ایران، پست الکترونیکی:yonesi.h@lu.ac.ir
[۳] دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه لرستان، ایران

مقدمه

امروزه متخصصان منابع آب با مسائلی روبه‌رو می-شوند که روزبه‌روز بر پیچیدگی یافتن پاسخ آنها افزوده می‌شود. فرآیند تصمیم‌گیری در منابع آب تحت تأثیر اهداف فراوانی است. علاوه بر این عموماً بسیاری از این اهداف با یکدیگر نامتناسب هستند. برآورد ساختن هم‌زمان کلیه اهداف مدنظر تصمیم گیران است. یکی از مسائل پیچیده در منابع آب بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن است.

مطالعات زیادی درزمینهٔ بهینه‌سازی بهره‌برداری مخازن صورت گرفته است. Rani and Moreira(۲۰۱۰) گزارش جامعی در مورد مطالعات انجام‌شده در این زمینه ارائه دادند. برنامه‌ریزی خطی (LP) یکی از روش‌های پرکاربرد در منابع آب است که برای اهداف مختلف مانند برنامه‌ریزی سیستم‌های منابع آب و بهینه‌سازی بهره برداری از مخازن بکار گرفته‌شده است(Barros et al ،۲۰۰۳). یکی از محدودیت‌های این روش این است که توابع هدف و قیودات مسئله بایستی خطی باشند. با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی مانند LINGO می‌توان مسائل خطی را به‌آسانی حل نمود. در مسائل پیچیده بهره‌برداری از مخازن مانند مسائل برقابی و تبخیر که توابع غیرخطی در آنها استفاده‌شده است، می‌توان از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی استفاده نمود. روش‌های برنامه-ریزی غیرخطی قادر به حل مسائل محدب بوده و در سایر موارد نتایج خوبی را ارائه نمی‌کنند(Bazaraa et al ،۲۰۰۶). یک روش مناسب برای حل مسائل بهینه‌سازی مقید، پیوسته و یا گسسته، برنامه‌ریزی پویا (DP) است. این روش برای اولین بار توسط Bellman(۱۹۵۷) به‌عنوان یک روش بهینه‌سازی جهت حل مسائل تصمیم گیری چندمرحله‌ای معرفی شد . Nandalal and Bogardi(۲۰۰۷) مدل برنامه‌ریزی پویا را در مسائل بهره‌برداری از مخازن بکار بردند . در بسیاری از مطالعات بهره‌برداری مخازن اصلاحاتی بر روی روش DP صورت گرفته است که از میان آنها می‌توان به برنامه‌ریزی پویای تفاضلی گسسته (DDDP) اشاره نمود که برای حل سیستم چند مخزنه بکار گرفته شد(et al Heidari،۱۹۷۲). روش برنامه‌ریزی پویای تفاضلی (DDP)در کتاب جاکوبسون و ماینی مورد تحلیل قرار گرفت(Jacobson and Myne،۱۹۷۰). روش برنامه‌ریزی پویای دیفرانسیلی مقید (CDDP) توسط Murray and Yakowitz (۱۹۷۹) برای حل مسائل چند مخزنه مطرح شد. الگوریتم‌های تکاملی نیز در سال‌های اخیر موردتوجه قرارگرفته است که برای حل انواع توابع اعم از غیرقطعی، چندهدفه، غیرخطی و گسسته و پیوسته بکار می‌روند. الگوریتم مورچگان[1] توسط Dorigo et al(۱۹۹۶) مطرح شد که از آن برای حل سیستم تک مخزنه و چند مخزنه استفاده‌شده است (Jalali et al ،۲۰۰۶؛ Jalali et al ،۲۰۰۷). الگوریتم ژنتیک[2] به علت توانایی بسیاری که در حل مسائل بهینه‌سازی دارد به‌طور گسترده‌ای در مسائل بهینه‌سازی استفاده‌شده است(Holland،۱۹۷۵؛ Wardlaw and Sharif،۱۹۹۹؛ Hakimi et al ،۲۰۱۰). الگوریتم بهینه یابی جفت‌گیری زنبورعسل[3] نیز برای مسئله تک مخزنه بکار رفته است و نتایج خوبی را ارائه داد(Abbass،۲۰۰۱؛ Bozorg Haddad et al ،۲۰۰۶). همچنین این روش برای حل سیستم‌های چند مخزنه در دو حالت پیوسته و گسسته بکار گرفته‌شده است (Bozorg Haddad et al،۲۰۱۱). الگوریتم بهینه-سازی ازدحام ذرات[4] در سیستم‌های چند مخزنه اولین بار توسط Kumar and Reddy(۲۰۰۷) مطرح شد(Kennedy and Eberhart،۱۹۹۵). جستجوی هارمونی ۵ نیز از الگوریتم‌های ابداع‌شده در سال‌های اخیر بوده که توسط Geem et al(۲۰۰۱) برای حل سیستم چهار مخزنه مورداستفاده قرارگرفته است (Kougias and Theodossiou،۲۰۱۱). Labadie (۲۰۰۴) نیز بهره‌برداری از سیستم‌های چندمخزنه را با استفاده از الگوریتم‌های ریاضی و کاوشی موردبررسی قرارداد.

روش بهینه‌سازی دسته ذرات (PSO) که در این تحقیق به آن پرداخته می‌شود به‌عنوان یکی از روش‌های

[1] ACO
[2] GA
[3] HBMO
[4] PSO
[5] HSA

کاربردی درزمینه‌ی بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های مخازن مطرح است. از مهم‌ترین مزایای PSO می‌توان به مفاهیم ساده، کاربرد راحت، توانمندی مناسب در کنترل پارامترها و کارایی محاسباتی اشاره نمود. اما مهم‌ترین محدودیت این روش همگرایی زودرس (و درنتیجه عدم دست‌یابی به پاسخ بهینه عمومی) و مشکلات محاسباتی در حل مسائل غیرقطعی است، با لحاظ تغییرات خطی در ضریب اینرسی الگوریتم ازدحام ذرات نشان دادند که این تغییر اثرات زیادی در بهینه کردن روش داشته است. همانطور که بیان گردید یکی از مشکلات عمده این الگوریتم همگرایی زودرس و گیرافتادن در نقطه بهینه محلی می‌باشد. در تحقیق حاضر با اعمال جهش در درصدی از ذرات جستجوگر، این الگوریتم توسعه خواهد یافت و با نتایج قبل از جهش مقایسه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

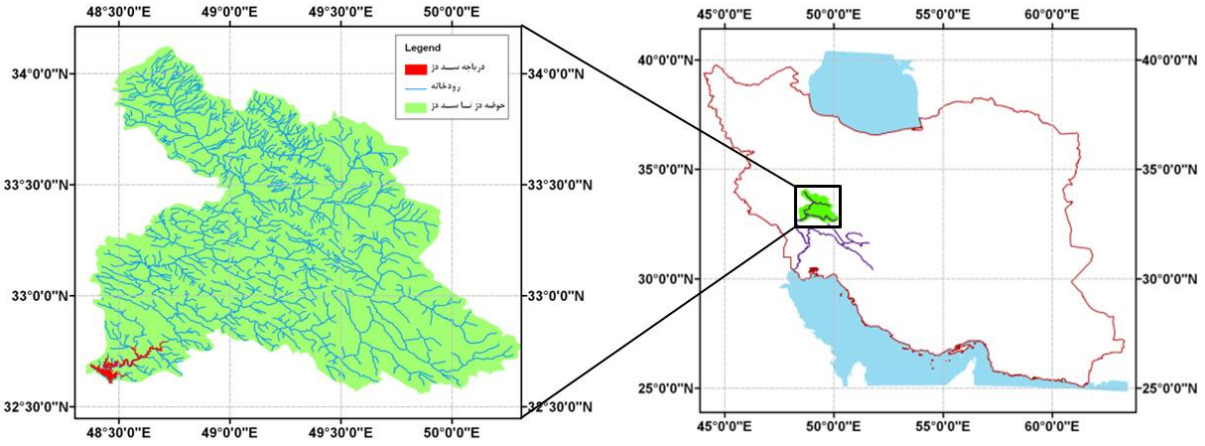
در این قسمت مشخصات منطقه موردمطالعه، الگوریتم بهینه‌سازی دسته ذرات ، الگوریتم پیشنهادی ازدحام ذرات توسعه‌یافته ، تابع هدف ، سیاست بهره‌برداری استاندارد (SOP) و سیاست جیره‌بندی ارائه می‌گردد.

منطقه موردمطالعه

موقعیت منطقه موردمطالعه در شکل شماره ۱ نشان داده‌شده است. در این شکل موقعیت حوزه رودخانه دز تا محل سد دز نسبت به ایران و همچنین موقعیت حوزه رودخانه دز و سد دز در مختصات جغرافیایی نشان داده‌شده است.

داده‌های موردنیاز

داده‌های موردنیاز جهت این تحقیق شامل جریان ورودی به مخزن سد دز ، متوسط تبخیر ماهیانه از سطح آزاد آب ، متوسط بارش ماهیانه بر روی سطح مخزن و نیاز آبی ماهیانه از سازمان آب و برق خوزستان اخذ شد و بطور خلاصه در جداول ۱ تا ۳ نشان داده‌شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده موردمطالعه

جدول ۱- جریان ورودی به مخزن سد دز (میلیون مترمکعب)

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حداکثر	۹۲/۹۸	۳۱۴/۰۸	۷۵۲/۲۵	۷۶۹/۶۲	۱۱۲۰/۵۲	۱۴۲۷/۰۸	۱۹۶۴/۹۶	۱۴۳۱/۲۰	۶۲۶/۶۱	۳۱۵/۲۲	۱۸۵/۵۲	۱۳۸/۴۹
متوسط	۳۷/۹۰	۱۰۰/۳۰	۲۳۵/۶۳	۲۹۷/۰۲	۴۱۶/۱۱	۵۷۶/۶۳	۷۵۳/۲۸	۵۳۷/۰۹	۲۴۱/۳۷	۱۱۰/۸۶	۶۶/۲۸	۴۹/۱۶
حداقل	۱۳/۶۳	۳۹/۱۹	۷۶/۴۱	۹۵/۸۰	۱۴۰/۲۳	۱۹۱/۳۶	۲۴۵/۶۴	۱۹۹/۱۷	۸۰/۰۲	۳۵/۸۹	۲۴/۳۷	۲۰/۲۲
انحراف معیار	۳۸/۲۰	۸۰/۲۷	۱۷۰/۶۸	۱۶۳/۴۹	۲۳۸/۴۷	۳۰۹/۰۲	۳۸۹/۴۲	۲۷۶/۵۹	۱۳۰/۳	۶۲/۵۵	۳۶/۷۸	۲۹/۳۸

جدول ۲-متوسط بارش و تبخیر ماهانه (میلیمتر) از سطح دریاچه(میلیون مترمکعب)

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
تبخیر	۲۰۱/۳۰	۱۵۰/۷۰	۹۴/۷۰	۷۸/۷۰	۸۴	۱۰۴/۶۰	۱۳۴	۱۷۵/۹۰	۲۴۹/۱۰	۲۷۵/۸۰	۲۶۶/۶۰	۲۳۵/۷۰
بارش	۵/۴۰	۴۶/۲۰	۹۰/۳۰	۱۰۰/۳۰	۹۰/۱۰	۸۰	۵۷/۲۰	۱۹/۹۰	۰/۵۰	۰	۰	۰

جدول ۳-نیاز ماهانه پایین‌دست سد دز، شرب کشاورزی و محیطزیست(میلیون مترمکعب)

نیاز	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
شرب	۷/۸۰	۷/۹۸	۷/۶۵	۷/۵۴	۸/۲۴	۸/۵۹	۹/۰۳	۷/۷۹	۷/۶۳	۷/۹۰	۷/۹۰	۷/۹۸
کشاورزی	۴۹۱/۱۰	۲۷۱	۲۰۱/۰۶	۱۶۱/۸۲	۱۶۷/۹۶	۳۲۶/۲۳	۴۸۵/۰۶	۵۵۸/۶۹	۶۰۵/۴۵	۷۲۵/۹۳	۷۰۵/۰۹	۵۸۲/۶۶
محیطزیست	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات(PSO)

این الگوریتم که به نام الگوریتم پرندگان نیز مشهور است، یک خانواده از روش‌های هوش جمعی و یکی از الگوریتم‌های موفق درزمینهٔ بهینه‌سازی پیوسته و گسسته می‌باشد. این روش بهینه‌سازی اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط کندی و راسل و با الهام از رفتار جمعی پرندگان و ماهی‌ها و بکارگیری مفاهیم الگوریتم‌های تکاملی, معرفی شد. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات مشابه با الگوریتم‌های تکاملی یک الگوریتم جمعیتی بوده که در آن تعدادی ذره که راه‌حل‌های کاندیدای یک تابع یا یک مسئله هستند، یک ازدحام (جمعیت) را تشکیل می‌دهند. این ذرات در فضای مسئله حرکت کرده و بر اساس تجربیات فردی خود و تجربیات جمعی سعی می‌کنند تا راه‌حل بهینه در فضای جستجو را بیابند. این روش به‌وسیله ابعاد و غیرخطی بودن مسئله خیلی تحت تأثیر قرار نگرفته و نتایج خوبی در محیط‌های استاتیک, نویزی و محیط‌های بطور پیوسته در حال تغییر می‌گیرد. این ویژگی‌ها به‌علاوه سادگی پیاده‌سازی، عدم الزام بر پیوستگی تابع هدف و توانایی وفق دادن به محیط پویا باعث شده که این الگوریتم در حوزه‌های بسیار مختلفی بکار برده شود. در این الگوریتم سرعت و مکان جدید هر ذره که بر اساس موقعیت بهترین ذره گروه و بهترین مکانی که خود ذره تجربه کرده بر اساس فرمولهای زیر بدست می‌آید.

$$V(t+1) = w*V(t) + C_1*R_1*\left(Pbest_i-X(t)\right)+C_2*R_2*\left(Gbest_i-X(t)\right) \quad (۱)$$

$$X(t+1) = X(t) + V(t+1) \quad (۲)$$

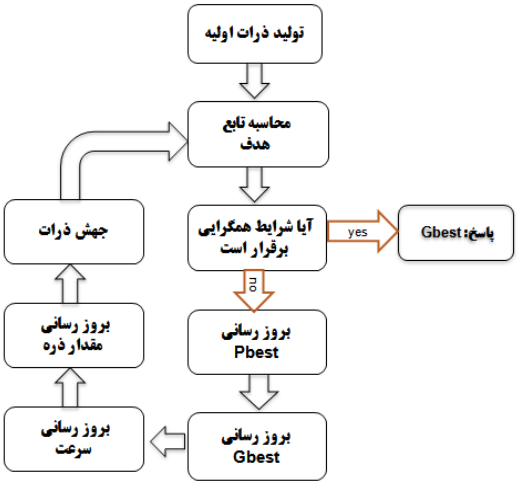
در این روابط $V(t)$ و $V(t+1)$ به ترتیب سرعت ذره در تکرارهای t و$t+1$ ، R_1و R_2 اعداد تصادفی بین صفرتا یک ، C_1و C_2 به ترتیب ضرایب تأثیر اثرات فردی و اجتماعی بوده و معمولاً بین صفرتا دو می‌باشند، $Pbest_i$ بهترین موقعیت تجربه‌شده به‌وسیله ذره و$Gbest_i$ بهترین موقعیت تجربه‌شده توسط کل ذرات می‌باشد و $X(t)$ و $X(t+1)$نیز به ترتیب موقعیت قبلی و فعلی ذره

می‌باشد w .ضریب اینرسی است که توسط رابطه زیر تعریف می‌گردد.

.

$$w = (w_{max} - w_{min}) * \left(\frac{iter_{max}-iter}{iter_{max}}\right) + w_{min} \quad (۳)$$

w_{max} و w_{min} به ترتیب ضریب اینرسی ماکزیمم و ضریب اینرسی مینیمم است که در این تحقیق به ترتیب ۰,۹ و ۰,۲ در نظر گرفته شد. $iter$ شماره تکرار و $iter_{max}$ ماکزیمم تعداد تکرار می‌باشند. . فلوچارت این روش در شکل شماره ۲ نشان داده‌شده است.



شکل ۲ -فلوچارت الگوریتم PSO

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات جهش‌یافته و توسعه داده‌شده (DMPSO)

همانطور که بیان گردید یکی از مشکلات الگوریتم ازدحام ذرات گیر افتادن در نقاط بهینه موضعی است. حال اگر بتوان پس‌ازاینکه این اتفاق افتاد، تعدادی از ذرات را بطور تصادفی به نقاط دیگری از فضای جستجو منتقل نماییم این مشکل حل می‌شود. همانطور که می‌دانیم در یک مسئله n بعدی هر ذره جستجوگر دارای n بعد می‌باشد. در این عملیات فقط یکی از ابعاد ذره تغییر داده می‌شود. رابطه شماره (۴) موقعیت یک‌ذره در یک فضای nبعدی را به‌صورت برداری نشان می‌دهد. جهت انجام عملیات جهش ابتدا درصد جهش تعیین گردیده و سپس با استفاده از رابطه (۵) تعداد ذرات موردنظر جهت تغییر و یا جهش محاسبه می‌گردد. پس از تعیین تعداد ذرات جهت انجام عملیات جهش ، شماره ذره از رابطه (۶) و شماره بعد موردنظر جهت تغییر از رابطه شماره (۷) تعیین می‌گردد. درنهایت با استفاده از رابطه شماره (۸) مقدار جدید محاسبه و جایگزین بعد انتخابی از ذره انتخاب‌شده می‌گردد.

$$x_i = (x_1, x_2, x_3, \ldots . x_n) \quad (۴)$$

$$N_{mut} = n * N_{pop} * Mut \quad (۵)$$

$$pop = (Round(R_1 * N_{pop}) \quad (۶)$$

$$m = (Round(R_2 * n) \quad (۷)$$

$$x_{(pop,m)} = (R_3 * (Xmax - Xmin)) + Xmin \quad (۸)$$

در این روابط Xmin و Xmax به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار پارامترها ، Mut درصد جهش و یا تغییر ، nتعداد ابعاد مسئله ، N_{pop} تعداد ذرات جستجوگر ، R_1 ، R_2 و R_3 اعداد تصادفی بین صفرتا یک ، popشماره ذره و m موقعیت بعد ذره جهت تغییر می‌باشند. جهت افزایش توانایی الگوریتم PSOضریب اینرسی که در V(t) در رابطه (۱) ضرب می‌شد از این رابطه حذف و به‌عنوان ضریبی برای $V(t+1)$ در رابطه (۲) در نظر گرفته شد. این موضوع در افزایش توانایی روش جهت یافتن مقدار بهینه تابع هدف بسیار مؤثر واقع شد. بنابراین روابط (۱) و (۲) برای روش DMPSO به ترتیب بصورت روابط (۹) و (۱۰) بصورت زیر بازنویسی گردید.

$$V(t+1) = V(t) + C_1 * R_1 * (Pbest_i - X(t)) + C_2 * R_2 * (Gbest_i - X(t)) \quad (۹)$$

$$X(t+1) = X(t) + w * V(t+1) \quad (۱۰)$$

تابع هدف

در این مدل مقادیر حداقل و حداکثر رهاسازی را به‌عنوان قید مقادیر رهاسازی (متغیرها) انتخاب کرده و بقیه قیدها در این تحقیق به‌صورت پنالتی به تابع هدف بیان‌شده است. تابع هدف در نظر گرفته‌شده حداقل سازی کمبود، توزیع کمبود بین تمامی دوره و تولید حداکثر انرژی می‌باشد. برای مدیریت بر اولویت هر هدف ابتدا تمامی اهداف را نرمال‌سازی کرده و با استفاده از آنالیز حساسیت برای هر اولویت یک ضریب پنالتی تخصیص داده شد.

$$\min F = \sum_{i=1}^{T} \sum_{j=1}^{3} f_{i,j}(S_i, R_i, D_i, E_i) \quad (۱۱)$$

$$f_1 = co_1 \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{R_i - D_i}{\max(D)}\right)^2 \quad (۱۲)$$

$$f_2 = co_2 \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{\max(E)-E_i}{\max(E)}\right)^2 \qquad (۱۳)$$

$$f_3 = co_3 \left(\frac{|S_{first}-S_{end}|}{S_{max}}\right) \qquad (۱۴)$$

$$E_i = e_T \times \gamma \times R_i \times (H_i - TW_i) \qquad (۱۵)$$

چون الگوریتم PSO برای مقادیر پیوسته مناسب‌تر می‌باشد حجم مخزن را تبدیل به حجم گسسته نکرده و مقادیر متغیرها را برای این الگوریتم بر اساس مقدارهای حداقل رهاسازی (زیست‌محیطی) و حداکثر رهاسازی (جلوگیری از سیلاب) انتخاب کرده تا بازه انتخابی متغیرها محدودشده و الگوریتم سریع‌تر و بهتر به جواب برسد.

سیاست بهره‌برداری استاندارد(SOP)

این روش به‌طور استاندارد برای شبیه‌سازی بهره‌برداری مخازن به کار می‌رود (Shih and ReVelle،۱۹۹۴). اما در شرایط عملی و واقعی استفاده از آن متداول نیست. در این سیاست رهاسازی از مخزن فقط بر اساس نیاز هر دوره انجام می‌پذیرد. اگر آب کافی جهت تأمین نیاز موجود باشد، خروجی مخزن به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که کل نیاز را تأمین نماید. چنانچه برای تأمین نیاز آب کافی در دسترس نباشد، کل ذخیره مخزن رها می‌گردد. همچنین اگر آب موجود بیش‌ازاندازه نیاز باشد، مخزن شروع به پر شدن نموده و در صورت لزوم آب مازاد به‌صورت سرریز خارج می‌گردد(Srinivasan and Philipose،۱۹۹۸). نمایش ریاضی این قاعده بهره‌برداری به شرح زیر می‌باشد

$$\begin{aligned} &\text{if } S_{t-1} + I_t \le D_t && R_t = S_{t-1} + I_t \\ &\text{if } D_t \le S_{t-1} + I_t \le C + D_t && R_t = D_t \\ &\text{if } S_{t-1} + I_t \ge C + D_t && R_t = S_{t-1} + I_t - C \end{aligned} \qquad (۱۶)$$

که در آن Rt رهاسازی مخزن در دوره t، It آبدهی ورودی به مخزن در دوره t، St-1 میزان ذخیره مخزن در ابتدای دوره t، Dt میزان نیاز در دوره t، C گنجایش مخزن می‌باشد که روابط فوق به منحنی S معروف می‌باشد.

سیاست جیره‌بندی

سیاست جیره‌بندی درصورتی‌که حجم آب مخزن سد بیشتر از حجم منحنی فرمان باشد به‌اندازه تقاضا رهاسازی می‌کند و درصورتی‌که کمتر از حجم منحنی فرمان باشد برای پیشگیری کمبودهای شدید درصدی از تقاضا رهاسازی می‌شود.

نتایج و بحث

در این مطالعه با تلفیق کردن برنامه‌ریزی خطی شبیه‌سازی با مدل‌های بهینه‌سازی و بدست آوردن منحنی فرمان مناسب برای آن مخزن، علاوه بر تأمین تقاضا و پیشگیری از سیلاب باید قابلیت برگشت‌پذیری (حجم آب در انتهای دوره به حجم ابتدای سال برگردد) داشته باشد. برای بهینه-سازی از الگوریتم فراکاوشی ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم پیشنهادی (DMPSO) که در برنامه متلب نوشته‌شده است مورداستفاده قرار گرفت. ضرایب انتخابی تابع هدف و الگوریتم بهینه‌سازی در جدول ۵ و جدول ۶ نشان داده‌شده است. شکل ۳روند بهبود تابع هدف برای ۱۰۰ تولید نسل ابتدای الگوریتم بهینه‌سازی PSO و DMPSO را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود الگوریتم PSO در نقاط بهینه محلی گیر افتاده و قابلیت پیدا کردن نقاط بهینه بهتر را از دست می‌دهد، درحالی‌که الگوریتم پیشنهادی DMPSO با عملکرد بهتری از نقاط بهینه محلی خارج‌شده و نقاط بهینه بهتر را پیدا می‌کند.که این نتایج با پژوهش Rossman (۲۰۰۰) که جهت طراحی شبکه های توزیع آب از الگوریتم DMPSO استفاده گردید و این الگوریتم را بعنوان ابزاری مفید جهت بهینه سازی پیشنهاد نمود، مطابقت دارد.

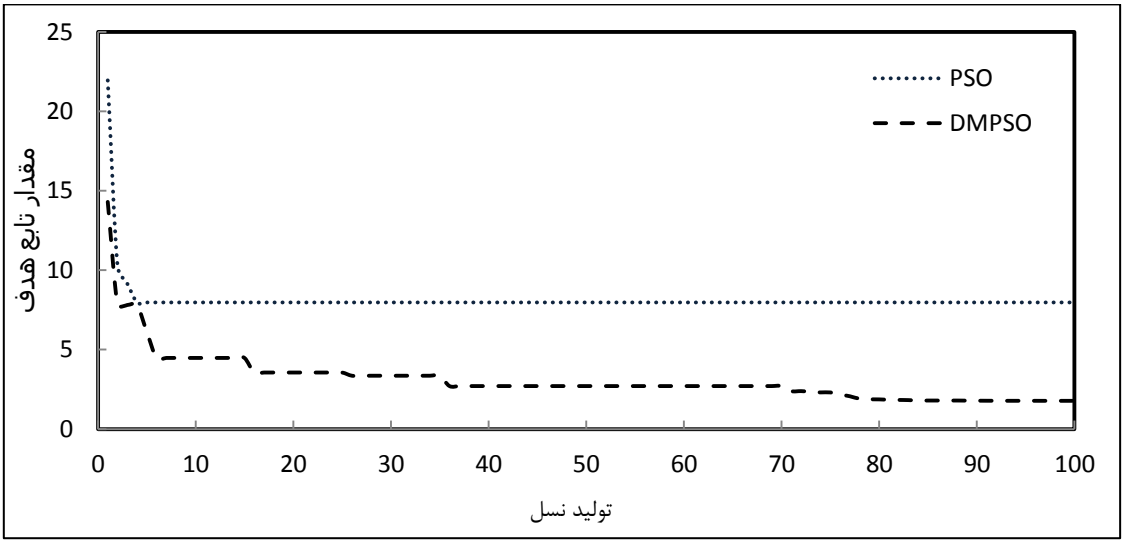
نتایج شبیه‌سازی سیاست‌های مدیریتی

همان‌طور که گفته شد و طبق شکل شماره ۴ مشاهده می‌شود که جریان ورودی سالانه نسبت به تقاضا کمتر می‌باشد، بنابراین نمی‌توان برای اکثر سال‌ها تقاضا را به‌طور کامل تأمین کرد. در این قسمت نتایج بهره‌برداری از مخزن را با استفاده از سیاست‌ها و منحنی فرمان‌های مختلف بررسی‌شده است. برای درصد اطمینان‌پذیری‌های متفاوت الگوریتم PSO و DMPSO نتایجی تقریباً نزدیک به هم داشته، درحالی‌که سیاست بهره-برداری SOP آسیب‌پذیری شدیدتری داشته است. متوسط

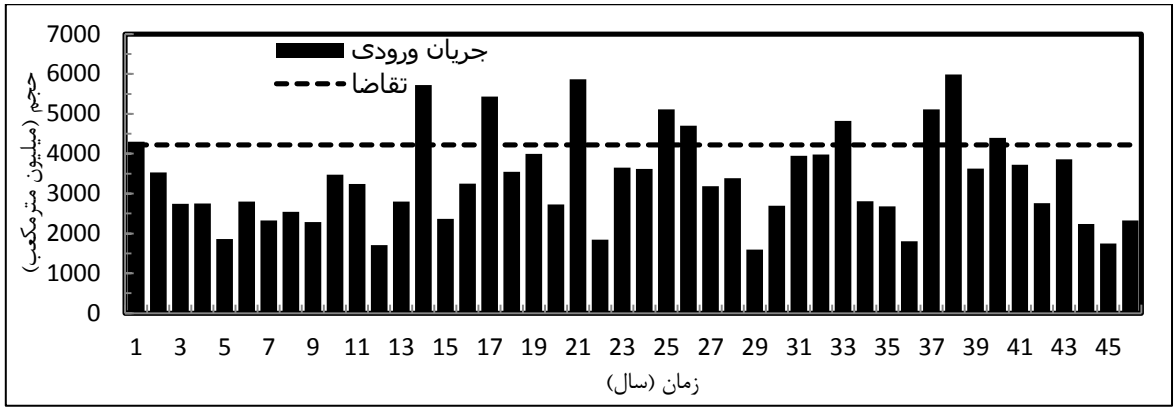
انحراف معیار کمبود ماهانه برای تمامی سال‌ها در شکل شماره ۶ نشان داده‌شده است که الگوریتم پیشنهادی DMPSO نتایج بهتری نسبت به الگوریتم PSO و سیاست بهره‌برداری استاندارد (SOP) از خود نشان داده است. برای بررسی عملکرد روش‌های بهره‌برداری استفاده‌شده در دوره خشک‌سالی یک دوره سه‌ساله که جریان ورودی کم می‌باشد را انتخاب کرده و کمبود ماهانه این روش‌ها با یکدیگر مقایسه شده است. در شکل ۷ مشاهده می‌شود انحراف معیار کمبود ماهانه با استفاده از الگوریتم PSO، DMPSO و SOP به ترتیب معادل ۱۶/۳۵ ، ۱۴/۷۹ و ۲۷/۸۵ می‌باشد که الگوریتم DMPSO نتایج بهتری نسبت بهروش‌های دیگر داشته است.

نتیجه‌گیری

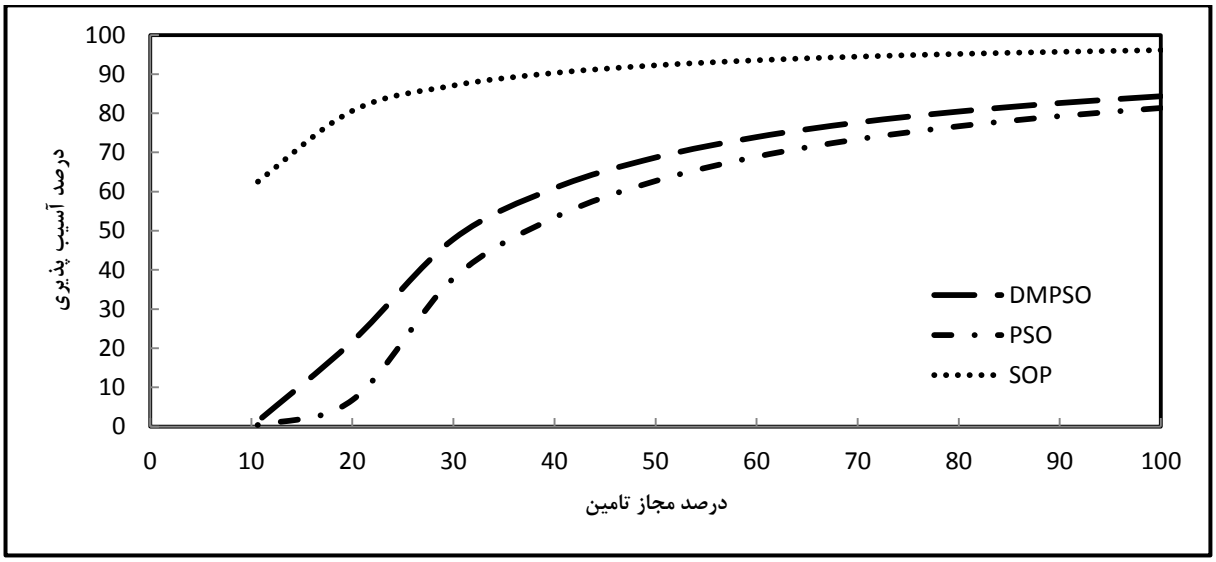
هدف از انجام این پژوهش ارزیابی الگوریتم پیشنهادی مجموعه ذرات توسعه‌یافته به‌عنوان یک روش جدید در حوزه بهینه‌سازی، جهت استخراج سیاست‌های بهینه بهره‌برداری از مخزن سد دز باهدف حداقل سازی کمبود جریان است . بدین منظور مخزن سد دز به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شد و مدل بهره‌برداری از آن باهدف حداقل سازی کمبود، توزیع کمبود بین تمامی دوره و تولید حداکثر انرژی می‌باشد. همچنین جهت مقایسه روشهای بهره‌برداری از معیار درصد انحراف معیار کمبود ماهیانه نسبت به تقاضای آب موردنیاز در پایین‌دست مخزن استفاده شد. نتایج بررسی درصد انحراف معیار کمبود ماهیانه نسبت به تقاضای آب نشان داد کاهش این معیار سبب عملکرد بالای بهره‌برداری می‌گردد بطوریکه تأمین شدن کل نیاز پایین‌دست ملزم به حداقل شدن (صفر) این معیار می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد درصد انحراف معیار کمبود ماهیانه با استفاده از الگوریتم PSO، DMPSO و SOP به ترتیب معادل ۲۸ ، ۲۵ و ۴۷ بوده که بیانگر توانایی بالای الگوریتم DMPSO در بهره‌برداری از مخازن می‌باشد. درمجموع نتایج نشان داد نتایج بدست آمده با استفاده از الگوریتم پیشنهادی DMPSO علاوه بر کنترل حجم مخزن برای جلوگیری از سیلاب، رهاسازی را در ماه‌های هرسال به‌طور مناسب توزیع کرده که کمترین آسیب‌پذیری نسبت به الگوریتم PSO و سیاست بهره‌برداری استاندارد (SOP) دارد.



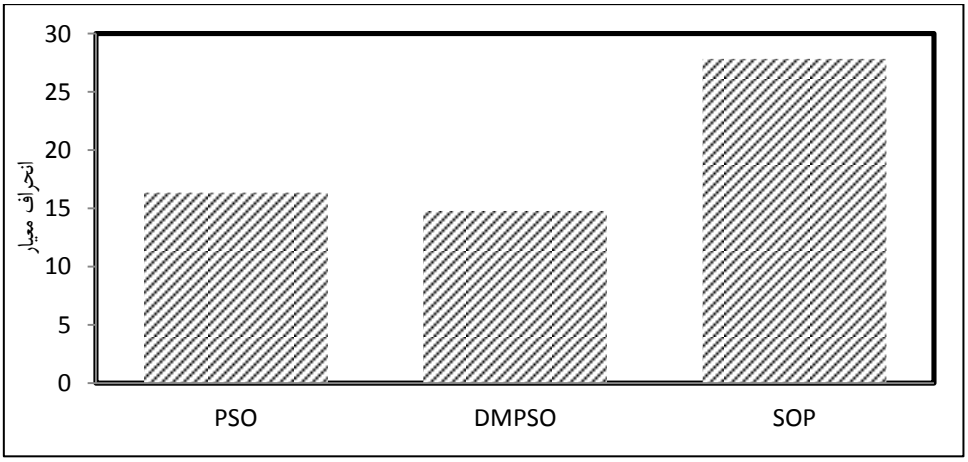
شکل ۳-مقایسه همگرایی تابع هدف الگوریتم PSO و DMPSO



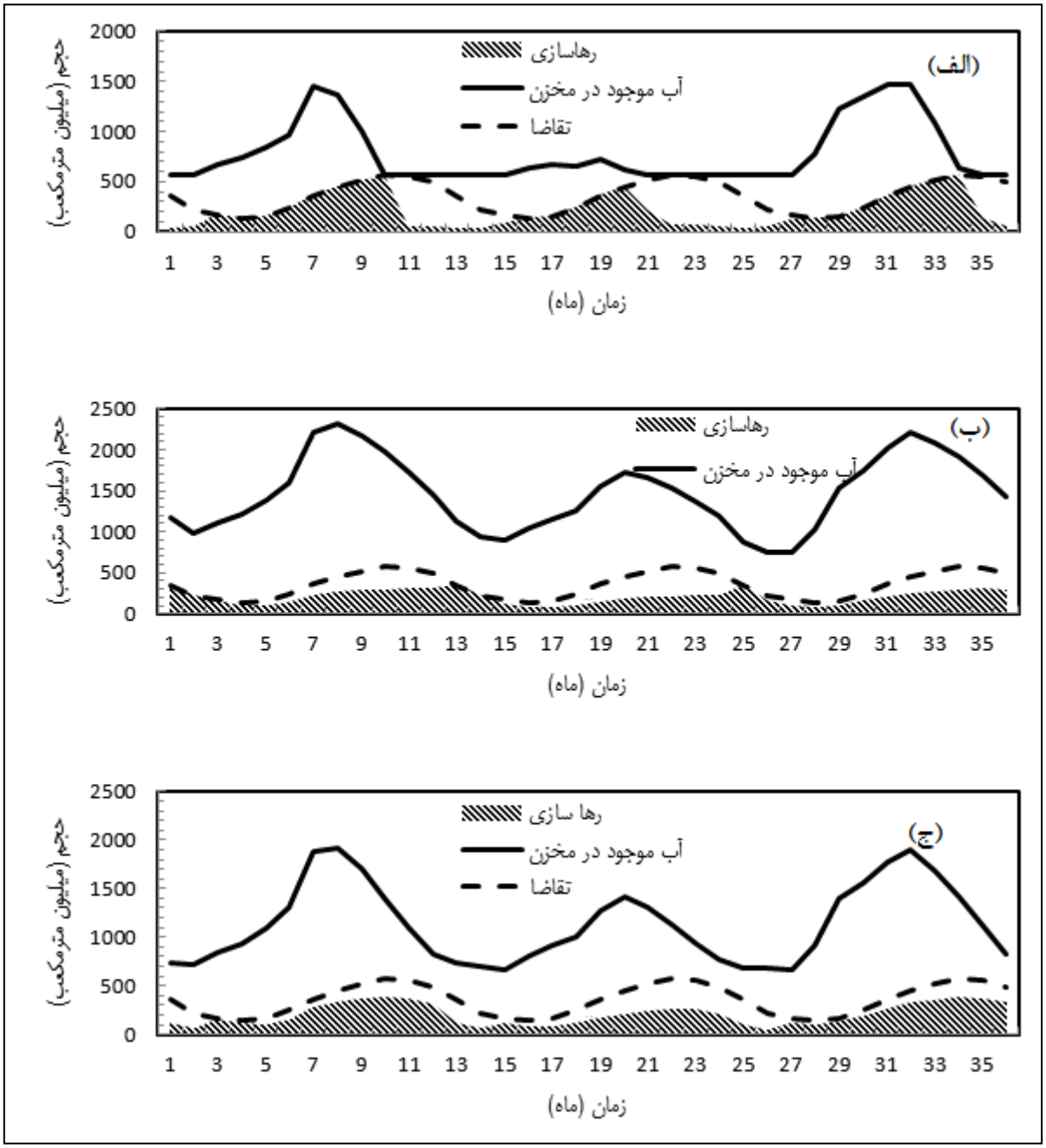
شکل۴- مقایسه حجم جریان ورودی سالانه به حجم تقاضا



شکل ۴- درصد آسیب‌پذیری



شکل۵- متوسط انحراف معیار کمبود ماهانه برای تمامی سال‌ها



شکل۶-مقایسه کمبود ماهانه دوره خشکسالی با منحنی فرمان‌های متفاوت (الف) سیاست رهاسازی با منحنی فرمان SOP (ب) سیاست رهاسازی با منحنی فرمان PSO (ج) سیاست رهاسازی DMPSO

منابع

Abbass, H.A. 2001. MBO: marriage in honey bees optimization-a Haplometrosis polygynous swarming approach. Conference Evolutionary Computation, in Seoul May. 1(4):207 – 214.

Barros, M., Tsai, F., Yang, S., Lopes, J., Yeh, W.2003. Optimization of Large-Acale Hydropower System Operation. J.water Resour. Plann. Manage. 129(3):178-188.

Bazaraa, M.S., Sherali, H.D., Shetty, C.M. 2006.Nonlinear Programming: Theory and Algorithms 3rd Edition. John wiley and sons,Inc., Hoboken, New Jersey.

Bellman, R.1957. Dynamic programming. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

Bozorg Haddad, O., Afshar, A., Marino, A. 2011. Multireservoir optimisation in discrete and continuous domains. Water Management. 164(4): 57–72.

Bozorg Haddad, O., Afshar, A., Marino M.A.2006. Honey-Bees Mating Optimization (HBMO) Algorithm: A New Heuristic Approach for Water Resources Optimization. Water Resources Management .20(4): 661–680.

Dorigo, M.1996. Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents. IEEE T SYST, .26(1):29-41.

Geem, Z.W., Kim, J.H., Loganathan, G.V.2001. A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. SIMULATION. 76(2):60-68.

Hakimi-Asiabar, M., Ghodsypour, S.H, Kerachian, R. 2010.Deriving operating policies for multi-objective reservoir systems: Application of Self-Learning Genetic Algorithm, Applied Soft Computing .10(4):1151–1163.

Heidari, M., chow, V.T., Kokotovic, P.V., Meredith, D.D.1972. Discrete Differenti a Dynamic programing approach to Water ResourceS systems Optimization. Water Resources Research.7 (2):1-14

Holland, J.H. 1975. Adaption in natural and artificial systems. University of Michigan Press.

Jacobson D, Myne D.1970. Differential dynamic programming.American Elsevier Publishing Company, New York, New York.

Jalali1. M.R., Afshar, A., Mariño, M.A.2007. Optimal Operation of Multi-reservoir Systems: State-of-the-Art Review. International Journal of Civil Engineerng. 5(4):284-301.

Jalali1, M.R., Afshar, A., Marino, M.A.2006. Improved Ant Colony Optimization Algorithm for Reservoir Operation. Scientia Iranica. 13(3): 295-302.

Kennedy, J., Eberhart, R.1995. Particle Swarm Optimization. IEEE International Conference on Nov/Dec. 4(4): 1942 – 1948.

Kougias, I., Theodossiou, N. 2011. Optimization of multi-reservoir management using Harmony Search Algorithm (HAS). 3rd Intern. Conf. on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics At Greece.

Kumar, D.N., Reddy, M.J.2007. Multipurpose Reservoir Operation Using Particle Swarm Optimization. J. Water Resour. Plann. Manage.133(1):192-201.

Labadie, J.W . 2004. Optimal Operation of Multi-reservoir Systems: State-of-the-Art Review". J. Water Resour. Plann. Manage. 130(2): 93-111.

Murray, D.M, Yakowitz, S.J.1979. Constrained Differential Dynamic Programming and Its Application to Multi-reservoir Control. Water Resources Research.15(5): 1017-1027.

Nandalal, K.D.W., Bogardi, J.J.2007. Dynamic programming based operation of reservoirs: applicability and limits. Cambridge University Press, Cambridge.

Rani, D., Moreira, M.M. 2010. Simulation–Optimization Modeling: A Survey and Potential Application in Reservoir Systems Operation. Water Resource Manage. 24(2):1107–1138.

Rossman, L.A. 2000. EPANET 2 user's manual, Reports EPA/600/R-00/057. US Environ. Prot. Agency, Cincinnati, Ohio.

Shih, J.S., ReVelle, C. 1994. Water-supply operations during drought: Continuous hedging rule.Journal of water resources planning and management. 120(5): 613-629.

Srinivasan, K., Philipose, M.1998. Effect of hedging on over-year reservoir performance." Water resources management. 12(2): 95-120.

Wardlaw, R., Sharif, M.1999. Evaluation of genetic algorithms for optimal reservoir system reservoir system operation. Water Resour. Plann. Manage. 125(2):25-33.

Development of particle swarm optimization algorithm for optimal multiple reservoir operation (case study: Dez dam)

Hasan Torabi*[1], Hojjat Allah Yonesi[2] , Danial Mirshahi[4]

Abstract

Due to the limitation of quantity and quality of water resources, the occurrence of long droughts and increasing of populations, construction of multi-objective reservoirs and optimal operation of these reservoirs is very important.In this research, the optimal operation of the Dez dam with multi-objective of supply agricultural and potable water, environment, flood control and electrical power generation is investigated. For this purpose, the particle swarm optimization (PSO) algorithm is modified and the new mutated algorithm (DMPSO) is developed. Then the proposed method (DMPSO) is applied for optimal operation of the multiple Dez reservoir. The results of this research are compared with PSO and standard operation Procedure (SOP). The results show that DMPSO algorithm has the best distribution of monthly release to have less shortage in comparison with PSO and SOP. The annual shortage ratio for PSO, DMPSO and SOP are 28%, 25%, 47% respectively, which represent the high-capability of DMPSO in optimal operation of reservoirs

Keywords: particle swarm optimization, DMPSO, reservoirs, multi-objective

[1] Associate Professor of Water Engineering ,University of Lorestan, Khorramabad, Iran
(Corresponding author.; Email:torabi.ha@lu.ac.ir)
[2] Assistant Professor of Water Engineering ,University of Lorestan, Khorramabad, Iran, yonesi.h@lu.ac.ir
[4] MSC, Water Structure, University of Lorestan, Iran