Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
سال ششم/ شماره دهم/ بهار و تابستان ۱۳۹۱

بکارگیری الگوریتم ژنتیک در تعیین پارامترهای منطق فازی برای بهینه‌سازی هیدروگراف خروجی مخزن سد

نینا اسدی پور[۱*]، مهران کرمی[۲] و بابک شاهی نژاد[۳]

چکیده

استفاده از فناوری‌های بهینه‌سازی در عملکرد مخزن یک ایده جدید نیست و تاکنون فنون گوناگونی برای بهبود ظرفیت بهره‌وری عملکرد مخزن بکار گرفته شده‌اند. قاعده کلی در این روش‌های بهینه‌سازی، تعیین مقادیر متغیرهای تصمیم برای حداقل یا حداکثر کردن تابع هدف است که یک سری محدودیت دارد. به عنوان هدف اصلی؛ در این مقاله، با ترکیب الگوریتم ژنتیک و منطق فازی، هیدروگراف خروجی بهینه، بر اساس هیدروگراف ورودی به مخزن سد کارون ۳ تعیین شده است. بدین طریق که، از الگوریتم ژنتیک برای یافتن پارامترهای بهینه در روش سوگنو منطق فازی استفاده شده است. تابع هدف در این مسأله به صورت مجموعه ای از اهداف مختلف کنترل سیل مانند؛ حداقل کردن پیک خروجی، حداقل سازی خرابی پایین دست، ذخیره سیلاب‌ها، و نگهداری سطح نهایی آب نزدیک به ذخیره مطلوب برای رفع نیاز آبی در آینده، و نظایر آن منظور شده است. مثلاً پیک سیلاب خروجی برآورد شده در این روش نسبت به نتایج دو تحقیق قبلی به میزان ۱۳/۷ و ۸ درصد کاهش داشته و برابر ۱۲۶۰۰ مترمکعب بر ثانیه تخمین زده شده است. همچنین مقایسه اعداد بیانگر آن است که حداکثر بالاآمدگی سطح آب نسبت به دو تحقیق دیگر در حدود یک متر کمتر است. علاوه بر این، حداکثر تغییرات دبی خروجی درمقایسه با تحقیقات قبلی به ترتیب حدود ۶۶ و ۶۵ درصد کاهش یافته است. در نهایت مقایسه خروجی‌ها، بیانگر قابلیت مناسب روش پیشنهادی در بهینه سازی عملکرد مخزن است.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی هیدروگراف خروجی، الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و روش سوگنو

ارجاع: اسدی‌پور ن.کرمی م و شاهی‌نژاد ب.۱۳۹۰ بکارگیری الگوریتم ژنتیک در تعیین پارامترهای منطق فازی برای بهینه‌سازی هیدروگراف خروجی مخزن سد. مجله پژوهش آب ایران.

۱- کارشناس ارشد عمران و مربی دانشگاه آزاد اسلامی مرکز سلسله.
۲- کارشناس ارشد مهندسی صنایع.وابستگی سازمانی؟؟
۳- دانشجوی سابق دکترای سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
* نویسنده مسئول: n_asadipoor86@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

از جمله روش‌های بهینه‌سازی کلاسیک در مدیریت عملکرد مخازن می‌توان به؛ برنامه‌ریزی خطی(LP)[1]، برنامه‌ریزی غیرخطی(NLP)[2] و برنامه‌ریزی دینامیکی(DP)[3] اشاره کرد. در برخی از این تحقیقات از برنامه‌ریزی خطی برای عملکرد مخزن درکنترل سیل با استفاده از معادلات تعادل جرم استفاده شده است (نیدهم، ۲۰۰۰؛ براگا، ۲۰۰۱؛ وینسور، ۱۹۷۳). اما نکته مهم در ارتباط با این روش که محدودیت‌هایی در استفاده از آن به وجود آورده؛ انعطاف ناپذیری آن در مقابل تغییرات ذاتی جریان ورودی به مخزن است؛ که ماهیت خطی ندارد. در مدل‌های برنامه‌ریزی غیرخطی، محدودیت خطی بودن توابع هدف و شرایط حدی وجود نداشته و با اصول محاسباتی در نظر گرفته شده برای مسائل کوچک، این مدل‌ها به راحتی حل می‌شوند. در تحقیقی دیگر یک مدل برنامه ریزی غیر خطی در مسئله کنترل سیل در بازه های زمانی ساعتی و به شکل بلادرنگ، با در نظر گرفتن محدودیتهای عملکرد مخزن، ارائه شده است (آنور و مایز، ۱۹۹۰). تحقیقات متعددی نیز با استفاده از برنامه ریزی دینامیکی عملیات بهینه سازی عملکرد را مورد توجه قرار داده اند (علیمرادی، ۱۳۸۶؛ استدینگر، ۱۹۸۴؛ اوزکانا، ۱۹۹۷؛ باچر، ۱۹۷۱؛ یاکویتز، ۱۹۸۲؛ ترابی، ۱۹۷۳). این در حالی است که به علت وجود پیچیدگی توابع موجود در مدل‌های مدیریت منابع آب،گاه این روش‌ها از دستیابی به جواب بهینه مطلق عاجزند و نقاط بهینه محلی را به مثابه راه‌حل بهینه ارائه می‌دهد. برای فایق آمدن به این مشکل‌ها و ایرادهای احتمالی موجود در روش‌های سنتی جستجو، تلاش‌های گسترده‌ای برای تهیه و ارائه الگوریتم‌های مناسب‌تر صورت پذیرفته؛ که درطول دو دهه اخیر سبب پیشرفت الگوریتم‌های اکتشافی/ تکاملی[4]، برای پاسخ به مسائل بهینه‌سازی مخزن شده است. از جمله این الگوریتم‌ها، الگوریتم ژنتیک و منطق فازی است.

ایست و هال از مدل الگوریتم ژنتیک برای حل یک مسأله چهار مخزنی با اهداف چندگانه و با اعمال محدودیت‌هایی برای حجم ذخیره و خروجی استفاده کردند (ایست و هال، ۱۹۹۴). تحقیق آن‌ها و همچنین کار فهمی و همکاران هر یک به طور جداگانه نشان داد که الگوریتم‌های ژنتیک، پتانسیل مناسبی درحل مسایل بهینه‌سازی سیستم مخزن دارد و استفاده از آن باعث صرفه‌جویی زیادی در زمان و حافظه رایانه می‌شود (فهمی و همکاران، ۱۹۹۴). الیویرا و لاکس نیز به این نتیجه رسیدند که از الگوریتم ژنتیک می‌توان برای یافتن سیاست های بهره‌برداری استفاده کرد، و بیان داشتند که الگوریتم ژنتیک بر برخی از تکنیک‌های فراوان گذشته که بر مبنای مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضیاتی سنتی هستند، فائق آمده است (الیویرا و لاکس، ۱۹۹۷). کای، چن و تانگ، الگوریتم ژنتیک را به طور کاملاً موفقی در پاسخ به مسائل غیر خطی و بزرگ مدیریت منابع آب و بدست آوردن منحنی های فرمان بکار بردند؛ آنها در نتیجه گیری کارشان این روش را به مثابه یک ابزار قدرتمند اثبات کردند (کای، ۲۰۰۱؛ چن، ۲۰۰۳؛ تانگ، ۲۰۰۳). چنگ و یانی نیز با به کارگیری تابع پنالتی الگوریتم ژنتیک در یافتن خروجی بهینه مخزنی در تایوان، نشان دادند نتایج این روش که یک هیدروگراف خروجی منطقی است سبب کاهش خرابی‌های ناشی از سیل در مدت عملکرد سیل (به علت کاهش و تاخیر در پیک سیل) و افزایش نهایی ذخیره برای کاربرد آینده می‌شود (چنگ، ۲۰۰۸؛ یانی، ۲۰۰۵). تحقیقات دیگری نیز بیانگر قدرت الگوریتم ژنتیک در مسائل بهینه سازی مدیریت منابع آب است (شفیعی، ۱۳۸۶). محققین در تحقیقات دیگری یک نوع کنترل کننده فازی را با هدف عملکرد دریچه های سر ریز سد در طی هر سیلی و با هر اندازه‌ای، که از قبل قابل پیش‌بینی نباشد، به کار بردند (بجیس، ۲۰۰۳؛ بجیس و کارابوگا، ۲۰۰۷). راسل و کامبل تمرکز اصلی خود را بر توسعه قوانین عملیاتی با استفاده از فازی برای یک سیستم مخزن برقابی ساده قرار دادند؛ که در جریان‌های ورودی به مخزن و بهای انرژی، عدم قطعیت وجود داشت(راسل و کامبل، ۱۹۹۶). نکته‌ی قابل‌توجه در

1 -Liner Programming
2 -Nonliner Programming
3 -Dynamic Programming
4 - heuristic

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیقات گذشته آن است که؛ با وجود بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی بهینه‌سازی در سال‌های اخیر و به‌کارگیری روش‌هایی همچون منطق فازی و الگوریتم‌های تکاملی از قبیلِ الگوریتم ژنتیک؛ این تحقیقات بیش‌تر کاربردهای اولیه‌ی خود را در مواجهه با مسایل منابع آب نشان داده و در ارتباط با مانور دریچه‌ها و مدیریت عملکرد مخازن، کمتر به آن پرداخته شده است؛ و این موضوع می‌تواند به عنوان یک خلاء تحقیقاتی به‌ویژه در مطالعات موردی سدهای کشورمان استفاده شود. در این مقاله با ترکیب الگوریتم ژنتیک و منطق فازی، هیدروگراف خروجی بهینه ای در ارتباط با مانور دریچه‌ها و مدیریت عملکرد مخازن و بر اساس هیدروگراف ورودی تعیین شده است.

کاربرد الگوریتم ژنتیک در عملکرد مخازن

الگوریتم های ژنتیک فنون جستجوی تصادفی هستند که برپایه مکانیسم ژنتیک و انتخاب طبیعی بنا شده اند. شکل معمول الگوریتم نخستین بار توسط گلدبرگ ارائه شد . الگوریتم ژنتیک از مجموعه ای از راه حل‌های تصادفی اولیه به نام جمعیت آغاز می‌شوند. هر جزء از جمعیت "کروموزوم" نامیده می‌شود، که بیانگر یک پاسخ مسأله است. کروموزوم ها در تکرارهای موفق که نسل نامیده می شوند تحول می‌یابند. در هر نسل کروموزوم‌ها با محاسبه تابع برازش برای انطباق با اهداف ارزیابی می‌شوند. ایجاد نسل‌های بعد از کروموزوم های جدید که "فرزندان" نامیده می‌شوند به وسیله یکی از دو عملگر جابجایی و جهش ژنی محقق می‌شود. انتخاب نسل جدید نیز از روی انتخاب بر اساس مقدار تابع برازش والدین و فرزندان، و یا حذف دیگران برای ثابت نگه داشتن جمعیت شکل می‌گیرد که بعد از چندین نسل، الگوریتم به سمت بهترین کروموزوم هدایت می‌شود.

عملکرد مخزن یک عنصر مهم در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب بوده و شامل چندین متغیر کنترلی است؛ که استراتژی های عملکرد را برای خروجی‌های پی در پی، با اهداف مختلف و حتی متناقضی از قبیل؛ حفاظت پایین دست در برابر سیلاب، ایمنی سد، تخصیص منابع آب، بهینه‌سازی حجم ذخیره سیلاب، و ... تعریف می‌کند. از این‌رو، بهینه سازی عملکرد مخزن، ایجاد تعادلی بین مجموعه‌ای از این اهداف متضاد است. الگوریتم ژنتیک شامل اصطلاحاتی همچون تابع هدف، شرایط و محدودیت‌ها است و این اصطلاحات در عملکرد مخزن نیز بکار می‌رود، مثلاً برای مینیمم‌کردن پیک خروجی(تابع هدف) و با وجود محدودیت‌هایی مانند ذخیره مخزن، دبی خروجی و مانند آن، هدف می‌تواند تعیین هیدروگراف خروجی بهینه باشد. بنابراین الگوریتم ژنتیک با یافتن بهینه سراسری برای مسئله‌ی عملکرد مخزن می‌تواند گزینه مناسبی در بین روش‌های بهینه سازی مخزن باشد.

کاربرد منطق فازی در عملکرد مخازن

فازی با مفهوم های فازی شروع می‌شود. فازی در لغت به معنای نامفهوم و نامشخص است. هدف منطق فازی استخراج نتایج دقیق با استفاده از مجموعه‌ای از معلومات غیرقطعی است که با الفاظ و جملاتی در قالب گفتاری و زبانی تعریف شده‌اند. به طور کلی، منطق فازی اعتبار یا ارزش نسبی دقت یک چیز است. در منطق کلاسیک، بر خلاف منطق فازی، یک گزاره می‌تواند تنها دارای دو ارزش وجودی باشد؛ به این معنی که یک عنصر یا متعلق به یک مجموعه هست و یا نیست. اهمیت ریاضیات در توصیف پدیده‌ها غیرقابل بحث است، اما فایده و امکان استفاده از ریاضیات مبتنی بر تئوری مجموعه‌های کلاسیک در بسیاری از پدیده‌ها، محدود است؛ چراکه شرایط واقعی در بیشتر مواقع معین و قطعی نیست و نمی‌توان آنها را با روش‌های متداول و با دقت مناسب توصیف کرد. این‌جاست که نظریه‌ی فازی اهمیت می‌یابد.

تئوری مجموعه‌های فازی که برای اولین بار توسط دکتر لطفی‌زاده درسال ۱۹۶۵ ابداع شد، چارچوب ریاضی محکمی برای مطالعه دقیق پدیده‌های مبهم فراهم می‌کند.

بعد از گسترش تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی، محققان دریافتند که این منطق، ابزار مناسبی برای مدل سازی بهره برداری مخزن است. تئوری مجموعه فازی در بهره برداری مخزن کاربردهای فراوانی دارد. از

www.SID.ir

Archive of SID

کاربردهای تئوری فازی می‌توان به کنترل فازی (FLC)[1] اشاره کرد که اساس آن تعیین قوانینی است که متغیرهای ورودی را بر حسب متغیرهای زبانی (توصیفی) به متغیرهای کنترل ارتباط می‌دهد. در زمینه منابع آب از کنترل فازی بیشتر برای استخراج قوانین بهره برداری از مخزن استفاده شده است.

علم مدیریت منابع آب که به تحلیل، مدیریت صحیح و بهره برداری مناسب از منابع آب می پردازد، سعی دارد که سیستم‌های منابع آب را به‌گونه ای طراحی کند که اهداف خاصی همچون تولید انرژی برقابی، تأمین آب شرب و کشاورزی، کنترل سیلاب های مخرب و ویران گر، و ... را با توجه به مجموعه‌ای از محدودیت‌ها به صورت بهینه تحقق بخشد.

دو نوع سیستم استنتاج فازی برای نگاشت ورودی به خروجی وجود دارد؛ که نوع ممدنی[2] و نوع سوگنو[3] می‌باشند؛ و تا حدودی در روش تعیین خروجی با هم تفاوت دارند.

روش استنتاج فازیِ ممدنی، عموماً به صورت اصول روش فازی دیده می‌شود؛ بدین‌معنا که این نوع استنتاج، مستلزم آن است که تابع عضویت خروجی نیز مجموعه‌های فازی باشد (ممدنی، ۱۹۹۷). ولی سیستم‌های نوع سوگنو، برای مدل سیستم‌های استنتاجی که توابع عضویت خروجی آنها خطی و ثابت است مورد استفاده قرار می‌گیرند (تیلمنت، ۲۰۰۲). به عبارت ساده‌تر در روش سوگنو؛ عملیات دفازی کردن خروجی وجود نخواهد داشت. همین امر سبب می‌شود تا زمینه ی کاربرد این دو مدل نیز تا حدودی متفاوت باشد. مثلاً در صورتی که بخواهیم با ورودی‌های انسانی و بر مبنای کاملاً شهودی مدل‌سازی کنیم؛ روش ممدنی به‌کار رفته و در صورتی که مواردی از قبیلِ؛ پیوستگی فضای خروجی، ضرورت تطبیق با تکنیک‌های بهینه‌سازی و تحلیل‌های ریاضی مطرح باشد؛ از روش سوگنو استفاده می‌کنیم.

1- Fuzzy Logic Control
2- Mamdani
3- Sugeno

مواد و روش‌ها

در این جا می‌خواهیم با ترکیب الگوریتم ژنتیک و منطق فازی بهینه ترین هیدروگراف خروجی را بر اساس هیدروگراف ورودی تعیین کنیم. بدین طریق که از الگوریتم ژنتیک برای یافتن پارامترهای بهینه در روش سوگنو منطق فازی استفاده می‌کنیم. در این روش، چهار قانون کنترل سیل بر مبنای منطق فازی (قوانین اگر-آنگاه) ساخته می‌شود. هر قانون شامل یک پارامتر است که میزان خروجی را بر اساس جریان ورودی تعیین می‌کند. الگوریتم ژنتیک این چهار پارامتر را به‌گونه‌ای تعیین می‌کند که مخزن در رسیدن به هدف نهایی‌اش که حداقل کردن پیک خروجی و رسیدن سطح مخزن به سطح ابتدایی بعد از ورود سیل است؛ بهترین نتیجه را داشته باشد.

از آن‌جا که تصمیم‌گیری برای میزان رهاسازی بر حسب ترکیبی خطی از پارامترهای مورد اشاره است و پیوستگی فضای خروجی مورد نظر است؛ از روش سوگنوکه دارای این قابلیت‌هاست، استفاده می‌شود.

با استفاده از سیستم استنتاج فازی نوع سوگنو، قوانین FLC به شکل زیر نوشته می‌شود؛ این قوانین از اطلاعات گردآوری شده توسط مهندسین و افراد آگاه در زمینه‌ی سدسازی بدست آمده است:

1. If inflow is large and storage is high, then release water (R1) = a*inflow.
2. If inflow is small and storage is high, then release water (R2) = b*inflow.
3. If inflow is large and storage is low, then release water (R3) = c*inflow.
4. If inflow is small and storage is low, then release water (R4) = d*inflow

همان‌گونه که مشاهده می‌شود چهار پارامتر a,b,c,d ضرایب خطی قوانین فازی یا همان مجهول‌های مسأله بوده و باید با الگوریتم ژنتیک محاسبه شود.

برای این کار برنامه‌ای در محیط نرم‌افزاری متلب[4] تهیه شده که با مدل‌سازیِ الگوریتم مورد استفاده در این روش؛ اقدامات زیر را میسر می‌سازد:

با استفاده از قوانین الگوریتم ژنتیک در جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک نرم‌افزار متلب، جمعیت اولیه‌ای با حجم

4 -Marlab

www.SID.ir

Archive of SID

مناسب از مجموعه مقادیر a,b,c,d تولید می‌شود. سپس این مقادیر تولیدی به عنوان پارامترهای منطق فازی به جعبه‌ابزار مناسب در نرم‌افزار متلب پاس داده می‌شود تا طبق منطق فازی مقدار دبی خروجی بر اساس قوانین فازی محاسبه شود. طبق روش سوگنو، خروجی نهایی سیستم میانگین وزنی تمام خروجی‌هاست که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W_i = \min(U_{Si}, U_{Ii}), \forall_i = 1,2,3,4 \qquad (۱)$$

$$R_t = \frac{\sum_{i=1}^{4}(W_i \times R_{it})}{\sum_{i=1}^{4} W_i} \qquad (۲)$$

که در آنها: U_{si} تابع عضویت متغیر ورودی(حجم مخزن)؛ U_{Ii} تابع عضویت متغیر ورودی (دبی ورودی به مخزن سد) ؛ R_t دبی خروجی در زمان t؛ W_i وزن خروجی ها. این دبی‌های خروجی که بر اساس شواهد مشاهده شده و منطبق با قوانین مختلف فازی به‌دست می‌آیند؛ در تابع هدفی قرار می‌گیرند که به دنبال حداقل سازی پیک خروجی و همچنین رساندن سطح نهایی آب به سطح ابتدایی بعد از خروج سیلاب، به منظور ورود سیل های بعدی می‌باشد؛ که این تابع هدف به شکل معادله ۳ استفاده شده است:

$$Maximize \;\; t*(I_p - Q_p) - |S_0 - S_n| \qquad (۳)$$

که در آن Q_p پیک هیدروگراف جریان خروجی؛ I_p پیک هیدروگراف جریان ورودی؛ S_0 حجم ابتدایی مخزن(قبل از ورود سیل)؛ S_n حجم انتهایی مخزن(پس از ورود سیل)؛ t فاصله زمانی هستند.

سپس با کمک قواعد الگوریتم ژنتیک و استفاده از عملیات جهش و ترکیب در جمعیت اولیه؛ جمعیت جدید تولید می‌شود و باز هم حلقه‌ی محاسبه دبی خروجی و بررسی تابع هدف تکرار می‌شود. این مجموعه اقدامات تا زمانی که به جواب بهینه برسیم؛ تکرار می‌شود.

بر مبنای روش یادشده و با تدوین یک برنامه کامپیوتری مطابق آنچه در بالا ذکر شد؛ خروجی‌های این روش در سد کارون ۳ اجرا شد مشخصات سد کارون ۳ در ادامه آمده است:

سد کارون ۳ از نوع بتنی دو قوسی و ارتفاع آن از کف رودخانه ۱۸۵ متر است. تراز تاج این سد ۸۵۰ متر و تراز نرمال بهره‌برداری از آن ۸۴۵ متر از سطح دریا می‌باشددر طرح سد کارون۳ ، سه نوع سرریز با با مشخصات ذیل، پیش‌بینی شده است.

سرریز سرویس:

ظرفیت تخلیه	حدود ۸۷۱۰ m3/s
ارتفاع حداکثر تیغه آب	۲۷/۵m
تراز آستانه سریز	۸۲۴ متر از سطح دریا
نوع	تندآب دریچه‌دار – اوجی شکل
دریچه	۲ دریچه اصلی (w × h) ۱۵ × ۱۷/۳۴

سرریز کمکی:

نوع	سرریز آزاد
موقعیت	روی بدنه سد
طول تاج	۵۴ m
تراز آستانه	۸۴۵ متر از سطح دریا
ارتفاع حداکثر تیغه آب	۶/۵ m
ظرفیت تخلیه	۱۵۴۰ m3/s

سرریز اضطراری

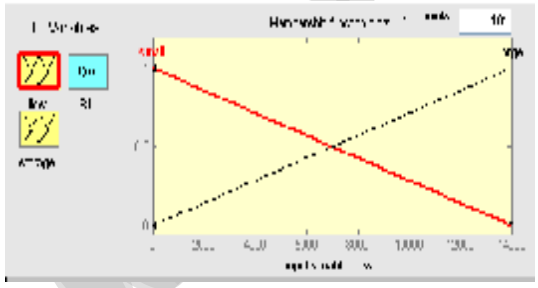
نوع	روزنه‌ای
تعداد و ابعاد	دو عدد (w × h) ۶ × ۸ m
تراز محور دریچه	۷۶۰ متر از سطح دریا
موقعیت	روی بدنه حدود نیمه ارتفاع سد
ظرفیت تخلیه	۲۸۸۵ m3/s

www.SID.ir

Archive of SID

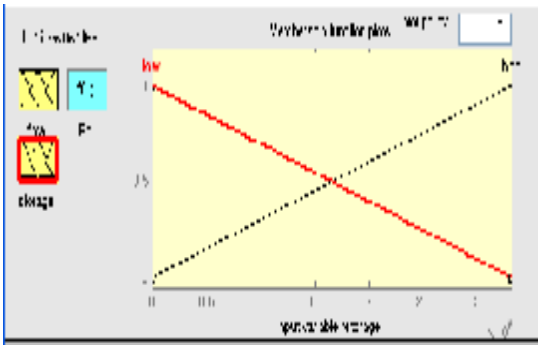
نتایج و بحث

در سد کارون ۳ دامنه دبی ورودی از تا ۱۴۴۱۶ متر مکعب بر ثانیه وحجم ذخیره مخزن از ۰ تا ۳۳۱۰ میلیون متر مکعب است.که برای جریان ورودی دو تابع عضویت با نام های small وlarge وبرای حجم ذخیره نیز دو تابع عضویت با نامهای low و high در نظر گرفته شده است. شکل‌های ۱ و۲ توابع عضویت تعریف شده درجعبه ابزار منطق فازی را (بر اساس حجم ذخیره و دبی ورودی به سد کارون ۳) نشان می‌دهند.



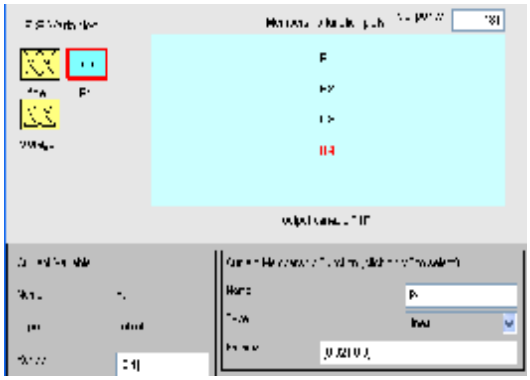
شکل۱- تابع عضویت متغیر ورودی(جریان ورودی) در جعبه ابزار منطق فازی

در توضیح شکل ۱ می‌توان گفت در تابع عضویت small ، دبی ورودی با مقدارصفر، عضویت یک و همین دبی ورودی در تابع Large عضویتی با مقدار صفر دارد. این بدان معناست که هرچه مقدار دبی ورودی به صفر نزدیک می‌شود سیل را با نمره بهتری می‌توان در سیل‌های گروه Small (سیل‌های با میزان ورودی کم) درنظر گرفت؛ حال آنکه با نمره کمتری در گروه Large قرار می‌گیرد. سایر مقادیر نیز به شکلی مشابه قابل تفسیرند.



شکل۲- تابع عضویت متغیر ورودی(حجم ذخیره) در جعبه ابزار منطق فازی

شکل ۲ نیز نمایانگر تابع عضویت حجم ذخیره است؛ که در تابع عضویت high، ذخیره ۳۳۱۰ میلیون متر مکعب، عضویت یک و ذخیره صفر عضویت صفر را داراست؛ مقادیر این عضویت‌ها در تابع low برعکس می‌شوند.



شکل۳- تابع عضویت متغیر خروجی(دبی خروجی) در جعبه ابزار منطق فازی

در شکل ۳ متغیرهای R4,R3,R2,R1، که ضرائب متغیرهای ورودی هستند همان اعداد به تصادف تولید شده در ژنتیک الگوریتم اند (a,b,c,d) که توسط برنامه نوشته شده در نرم افزار متلب به طور خودکار وارد تابع عضویت متغیر خروجی (دبی خروجی) در جعبه ابزار منطق فازی می‌شوند و در هر مرحله دبی خروجی و مقدار تابع هدف تعیین می‌شود. این روال آن قدر ادامه می‌یابد تا بهینه ترین مقدار ممکن برای تابع هدف معادله ۳ بدست آید. a,b,c,d که مقادیر بهینه ممکن را ارائه می‌دهند نیز در خروجی چاپ می‌شود.

برخی خروجی های این روش و روندیابی سیلاب‌های متناظر برای دوره های زمانی مختلف در شکل‌های ۵،۴ و ۶ آمده اند:

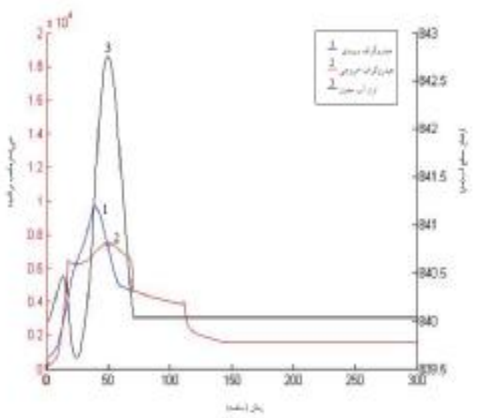
- پارامترهای بهینه a,b,c,d برای سیلاب ۱۰۰۰ ساله مطابق جدول ۱ بدست آمد:

جدول ۱- پارامترهای بهینه a,b,c,d برای سیلاب ۱۰۰۰ ساله

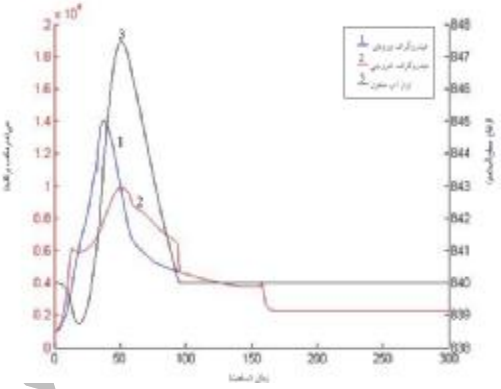
دوره بازگشت	d	c	b	a
۱۰۰۰ساله	۰/۴۹۶۵۵	۰/۸۳۸۱۲	۰/۰۵۷۸۹	۴/۵۵۰۱۳
۱۰۰۰ساله	۳/۲۶۳۷۴	۳/۴۹۱۴۲	۰/۳۱۳۵۴	۱/۴۱۳
PMF	۰/۶۵۶۲۱	۰/۳۴۹۴۳	۱/۵۸۸۶۱	۲/۳۸۹۴۴

www.SID.ir

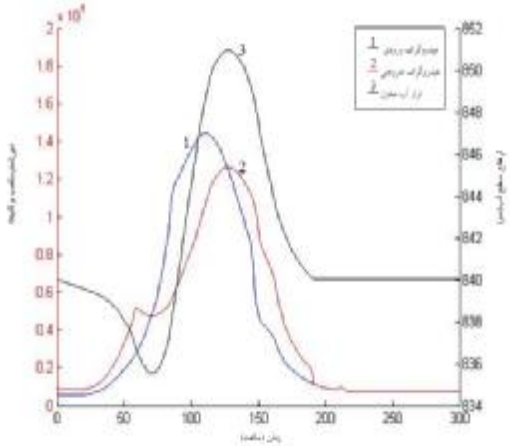
Archive of SID



شکل۴- روندیابی سیلاب ۱۰۰۰ ساله در مخزن سدکارون ۳ با استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و منطق فازی



شکل۵- روندیابی سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله در مخزن سدکارون ۳ با استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و منطق فازی



شکل۶- روندیابی سیلاب PMFدر مخزن سدکارون ۳ با استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و منطق فازی

نتیجه‌گیری

در این مقاله، ترکیبی از منطق فازی و الگوریتم‌های تکاملی در ارتباط با مانور دریچه‌ها و مدیریت عملکرد مخازن؛ که در تحقیقات پیشین، کمتر مورد استفاده قرار گرفته؛ مورد توجه قرار گرفت.

در اینجا از منطق فازی براساس قوانین کنترلی؛ به شکل اگر-آنگاه؛ خروجی را بر اساس ورودی تعیین می‌شود؛ این قوانین شامل پارامترهایی برای اتخاذ تصمیمات فازی است که در این مقاله از الگوریتم ژنتیک برای تعیین این پارامترها و تحقق هدف حداقل کردن پیک خروجی استفاده و نتایج آن ارائه شد.

برای پذیرش مناسب بودن روش مذکور، مقایسه عددی با نمونه تحقیقات دیگر از حیث فاکتورهای مختلف و مهم در این زمینه در جدول ۲ ارائه شده است. همان طور که پیش از این اشاره شد؛ از جمله اهداف بهینه سازی عملکرد مخزن؛ پایین آوردن پیک جریان خروجی، به تاخیر انداختن زمان رسیدن به پیک جریان خروجی، و کم کردن تغییرات در دبی خروجی است. از این رو، مطابق با مشاهدات جدول ۱ و توجه به این نکته که، این اهداف در عملکرد واقعی مورد توجه بوده و محقق می‌شود؛ روش پیشنهادی جوابی قابل قبولتر و بهینه، ارائه داده است.

مثلاً در سیل PMF؛ همان گونه که در جدول مشاهده می‌شود؛ پیک سیلاب خروجی نسبت به دو نتیجه تحقیق مهاب قدس و تحقیق سامانی که به ترتیب اعداد ۱۳۹۷۰ و ۱۳۴۰۰ مترمکعب برثانیه بوده است به ترتیب به میزان ۱۳/۷ درصد و ۸ درصد کاهش داشته و به ۱۲۶۰۰ مترمکعب بر ثانیه رسیده است. هم چنین مقایسه اعداد بیانگر آن است که حداکثر بالاآمدگی سطح آب نسبت به دو تحقیق دیگر در حدود یک متر کمتر است. علاوه بر این، حداکثر تغییرات دبی خروجی درمقایسه با تحقیقات قبلی به ترتیب حدود ۶۶ و ۶۵ درصد کاهش یافته؛ و لذا مشکل مواجهه با افت و خیزهای ناگهانی و زیاد در هیدروگراف خروجی را کاهش داده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه با زمان رسیدن به پیک خروجی نیز، نتایج دو تحقیق ارائه شده مهاب قدس و سامانی، ساعات ۱۱۹ و ۱۲۲ پس از اولین خروجی از مخزن را نشان می‌دهد (اسدی پور، ۱۳۸۹). در حالی که، تحقیق حاضر، عددی بیشتر (ساعت ۱۲۸) را نشان می‌دهد که بیانگر برخورداری از فرصت چند ساعته بهتر برای هشدار سیل و تخلیه پایین دست است.

جدول۲- مقایسه نتایج خروجی با تحقیقات انجام شده قبلی

نام روش	دوره بازگشت	پیک سیلاب ورودی (متر مکعب برثانیه)	سطح آب در شروع سیلاب(متر)	پیک سیلاب خروجی (مترمکب برثانیه)	حداکثر بالا آمدگی سطح سیلاب(متر)	ماکزیمم تغییرات دبی خروجی (متر مکعب برثانیه)	زمان رسیدن به پیک خروجی(ساعت)
مهندسین مشاور مهاب قدس	۱۰۰۰ ساله	۸۷۷۸/۲۴	۸۴۰	۹۶۹۰	۸۴۸/۵	۵۵۰۰	۴۰
تحقیق سامانی ورضازاده				۹۴۰۲	۸۴۸/۳۸	۵۲۰۲	۴۲
تحقیق موجود				۷۴۰۰	۸۴۲/۷	۱۰۲۹	۵۰
مهندسین مشاور مهاب قدس	۱۰۰۰۰ ساله	۱۴۰۲۱/۹	۸۴۰	۱۲۰۲۰	۸۵۰/۴	۶۸۰۰	۴۳
تحقیق سامانی ورضازاده				۱۱۹۱۶	۸۵۰/۱۸	۶۳۹۷	۴۵
تحقیق موجود				۱۰۰۰۰	۸۴۷/۴۲	۸۱۳	۵۱
مهندسین مشاور مهاب قدس	PMF	۱۴۴۱۶/۲۱	۸۴۰	۱۳۹۷۰	۸۵۱/۸	۶۹۰۸	۱۱۹
تحقیق سامانی ورضازاده				۱۳۴۰۰	۸۵۱/۷۶	۶۷۵۶	۱۲۲
تحقیق موجود				۱۲۶۰۰	۸۵۰/۹	۲۹۸	۱۲۸

منابع

۱- علیمرادی ف. علیمحمدی س. و جباری ا .۱۳۸۶. تحلیل حساسیت پارامترهای توابع جریمه در مدلهای بهینه سازی بهره برداری از مخازن چند منظوره. مجله فناوری و آموزش، سال دوم. جلد دوم. شماره۱.

۲- شفیعی م. حداد ا. و افشار ع. ۱۳۸۶. بررسی ساختارهای جدید از الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی بهره برداری از مخازن. مجله فناوری و آموزش. سال اول. جلد اول. شماره ۳.

۳- اسدی‌پور ن . ۱۳۸۹. بهینه‌سازی عملکرد دریچه‌های سرریز سد برای کنترل سیل با استفاده از منطق فازی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز.

4- Needham Jt. David WWJ. and Jay v. 2000. Linear programming for flood control in the Iowa and Des Moines Rivers. J Water Resour Plan Manage. 126(3). pp.118–127.

5- Braga B. and Barbosa PSF. 2001. Multiobjective real-time reservoir operation with a network flow algorithm. J Am Water Resour Assoc 37(4). 837–852.

6- Unver OI. and Mays LW. 1990. Model for real-time optimal flood control operation of a reservoir system. Water Resour Manag 4(1). pp. 21–46.

www.SID.ir

Archive of SID

7- Stedinger J.R. Bola E. Sule F. and Loucks D.P. 1984. Stochastic dynamic programming models for reservoir operation optimization. Water Resour. Res. Vol 20. No11.
8- Ozelkana E.C. Galambosia A. Gaucheranda E.F. and Ducksteina L. 1997. Linear quadratic dynamic programming for water reservoir management. Appl. Math. Modell. 21 (9); pp. 591–598.
9- Butcher W.S. 1971. Stochastic dynamic programming for optimum reservoir operation. Water Resour. Bull; Vol 7 No1. pp 115-123.
10- Yakowitz S. 1982. Dynamic programming application in Water Resources. Water Resour. Res. Vol 18. No4.
11- Torabi M. and Mobasheri F. 1973. A stochastic dynamic programming model for the optimum operation of a multi-Purpose reservoir. Water Resour Bull. Vol 9. No6. pp 1089-1099.
12- East V. and Hall M.J. 1994. Water resources system optimization using genetic algorithms. InProceedings of the first international conference on hydroinformatics; pp. 225–231.
13- Fahmy H.S. King J.P. Wentzel M.W. and Seton J.A. 1994. Economic optimization of river management using genetic algorithms. Summer Meeting. Am. Soc. Of Agricultural Engrs. Paper No. 943034. ASAE 1994 Int.
14- Yeniay O. 2005. Penalty function methods for constrained optimization with genetic algorithms. Mathematical and Computational Application. 10 (1). pp. 45–56.
15- Chang L.C. 2008. Guiding rational reservoir flood operation using penalty-type genetic algorithm. Journal of Hydrology. No. 354. pp. 65– 74.
16- Cai X. McKinney D.C. and Lasdon L.S. 2001. Solving nonlinear water management models using a combined genetic algorithm and linear programming approach. Adv. Water Resour. 24_1. pp. 667–676.
17- Chen L. 2003. Real coded genetic algorithm optimization of long-term reservoir operation. Environ. Urbanization. 39_5. pp. 1157–1165.
18- Tung C. Hsu S. Liu C.M. and Li Sh.Jr. 2003. Application of the genetic algorithm for optimizing operation rules of the LiYutan reservoir in Taiwan. J. Am. Water Resour. Assoc. 39_3. pp. 649–657.
19- Oliviera R. and Loucks D.P. 1997. Operating rules for multireservoir systems. Journal of Water Resour. Res. Vol.33. No.4; pp. 1589–1603.
20- Bagisa A. and Karaboga D. 2007. Evolutionary algorithm-based fuzzy PD control of spillway gates of dams. Journal of the Franklin Institute. 344. pp. 1039–1055.
21- Bagis A. 2003. Fuzzy and PD controller based intelligent control of spillway gates of dams. J. Intell. Fuzzy Syst. 14. pp. 25–36.
22- Russell S.O. Member. ASCE. and Campbell P.F. 1996. Reservoir operation rules with fuzzy programming. Journal of water resource planning and management 122.3; pp. 165-170.
23- Mamdani E.H. 1997. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic systems. Fuzzy Sets Syst. 26: 1977; pp. 1182–1191.
24- Tilmant A. Fortemps P. and Vanclooster M. 2002a. Effect of averaging operators in fuzzy optimization of reservoir operation. Water Resour Manage. 16(1). pp. 1–22.
25- Windsor J.S. 1973.Optimization model for the operation of flood control systems. Water Resources Research. No. 9. Vol. 5. pp. 1219– 1226 .

رفرنسهای مهاب قدس و سامانی که فراوان در متن اشاره شده اند وجود ندارند

www.SID.ir