

بهره برداری از سیستمهای چندمخزنه چندمنظوره با نگرش فازی

رزیتا کهر کبودی¹، مجید خیاط خلقی²، مهدی جهرمی³، داود رضا عرب⁴

1- کارشناس منابع آب - شرکت سهامی مدیریت منابع آب*

2- دانشیار دانشگاه تهران - دانشکده آب و خاک - گروه آبیاری و آبادانی

3- کارشناس عمران آب - شرکت مهندسی آلیداد

4- دکترای منابع آب دانشگاه صنعتی شریف

پست الکترونیکی: romeka19@yahoo.com

خلاصه

از آنجایی که سیستم های چندمخزنه به دلیل پیچیدگی خاص خود با یک فضای عدم صراحت مواجه می باشند، هدف از این تحقیق تهیه مدل بهره برداری بهینه مخازن با نگرش فازی می باشد. برای این منظور ابتدا با استفاده از مدل بهینه سازی پویای قطعی (DP) سیاست بهینه بهره برداری از سیستم دو مخزنه چند منظوره دز و شهید عباسپور بدست آمد. سپس با استفاده از نتایج مدل بهینه سازی DP و به منظور وارد کردن عدم قطعیت و همچنین برای بدست آوردن روش کلی بهره برداری، سیستم استنتاج فازی (FIS) ساخته شد.

در واقع به دلیل اینکه تهیه مدل DP به دلیل چندمنظوره بودن سیستم، به سادگی امکان پذیر نمی باشد، اقدام به تشکیل سیستم استنتاج فازی گردید که بتواند در تمامی شرایط و حالت ها بیانگر روش کلی بهره برداری از سیستم مخازن باشد. بدین ترتیب که سیستم های FIS با توابع عضویت و روش های فازی زدایی مختلف ساخته شد و هر بار مدل DP در این حالت ها اجرا شد و خطای ناشی از مقایسه جواب مدل FIS با مدل DP بدست آمد. نتایج این خطاها نشان داد که در اکثر ماه ها، سیستم FIS ساخته شده با تابع عضویت گوسی و روش فازی زدایی مرکز ثقل منجر به حصول نتایج بهتری شده است. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان می دهد که می توان در سیستم های چندمخزنه چندمنظوره به جای استفاده از روش های بهینه سازی معمول از روش فازی برای مدیریت بهره برداری بهینه، استفاده کرد.

کلید واژه ها: بهره برداری بهینه، چندمخزنه، چندمنظوره، سیستم استنتاج فازی، عدم قطعیت

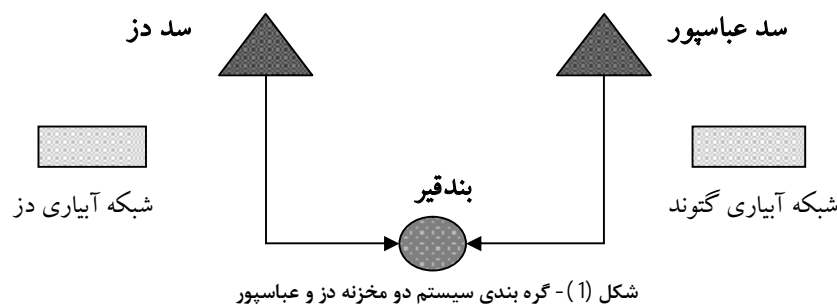
مقدمه :

علم مدیریت منابع آب که به تحلیل، مدیریت صحیح و بهره برداری مناسب از منابع آب می پردازد، سعی دارد که سیستم های منابع آب را به گونه ای طراحی نماید که اهداف خاصی همچون تولید انرژی برقی، تامین آب شرب و کشاورزی، کنترل سیلاب های مخرب و ویران گر، ماهیگیری، کشتیرانی، تفریحات و... را با توجه به مجموعه ای از محدودیت ها به صورت بهینه تحقق بخشد. در این راستا استفاده از مدل های ریاضی جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است. از طرفی عدم قطعیت موجود در جریان های ورودی به مخازن سدها لزوم برنامه ریزی برای بهره برداری و یا طراحی مخازن را با روش های علمی، جهت مقابله با خسارات ناشی از عدم احتساب آن، ضروری ساخته است. محققین معتقدند که عدم قطعیت در تحلیل یک سیستم در نتیجه درک ناقص پدیده ها و پیچیدگی های آنها بروز می کند. دلیل اصلی این امر را می توان در محدود بودن ظرفیت ذهنی و قابلیت و توانایی بشر برای شناخت و تشخیص پدیده ها و روابط درونی آنها دانست. بهره برداری از سیستم های منابع آب مستلزم یک سری تصمیم گیری های پیچیده و وابسته به یکدیگر است. بسیاری از پارامترهایی که در بهره برداری و اداره سیستم ها دخالت دارند، تابع احتمالی وابسته به زمان هستند. به کرات اتفاق می افتد که اطلاعات مورد نیاز کامل و صحیح نباشند. این امر موجب بروز عدم قطعیت در مدل هایی می شود که برای بهره برداری از سیستم های منابع آب تهیه می شوند. از این رو حین ساختن و یا کاربرد مدل های طراحی و یا بهره برداری باید اطلاعات غیر تجربی و استنباطی و نادقیقی را در نظر گرفت که با الفاظ و عباراتی مانند در حدود، تقریباً، به احتمال زیاد و غیره مطرح می شوند. تئوری مجموعه های فازی از جمله ابزارهایی است که امکان مدل سازی ریاضی عدم صراحت و عدم قطعیت در اطلاعات را فراهم می کند. ویژگیهای یاد شده باعث رویکرد محققین مختلف به استفاده از تئوری فازی در حل مدل های بهینه سازی منابع آب گشته است. از اولین کاربردهای این تئوری در مدل سازی سیستم های منابع آب می توان به مطالعاتی که در سال 1979 توسط Kucprzyk در مطالعات طرح های کنترل سیلاب اشاره نمود. در سال 1988، Esogbue نشان داد که یک روش ترکیبی از SDP (پویای

استوکاستیک) و FST (تئوری مجموعه های فازی) برای بیان طبیعت تصادفی پدیده های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی به واقعیت نزدیک تر و به میزان قابل ملاحظه ای موثرتر است. در زمینه کاربرد برنامه ریزی ریاضی فازی در بهره برداری از مخزن، Loganattan و Bhattacharya در سال 1988 روشی را برپایه Goal Programming توسعه دادند. Duckstein و Shresta در سال 1996 از مدل های فازی برای تدوین دستورالعمل بهره برداری از سد چندمنظوره Tenkiller در Oklahoma استفاده کردند. Kojiri و Paulo Chaves در سال 2003 اقدام به برنامه ریزی بلند مدت بهره برداری از مخزن Barra Bonita با استفاده از مدل برنامه ریزی استوکاستیک فازی (FSDP) نمودند. در این مقاله یک روش ترکیبی جهت حل مدلهای بهره برداری از مخازن ارائه شده است تا با استفاده از آن ضمن بهره گیری از ویژگیهای تئوری فازی بتوان در مدت زمان کمتری به جواب مناسبی برای مدل دست یافت.

منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شامل دو سد مخزنی دز و شهید عباسپور می باشد که به ترتیب بر روی رودخانه های دز و کارون قرار داشته و در محل بند قیر این دو رودخانه بهم پیوسته و تشکیل رودخانه کارون بزرگ را می دهند. حوضه آبریز رودخانه دز 21720 کیلومتر مربع و مساحت حوضه آبریز کارون بالغ بر 41750 کیلومتر مربع می باشد. سد مخزنی دز در فاصله 25 کیلومتری شمال دزفول واقع می باشد که از نوع بتنی دوقوسی است. سد شهید عباسپور در فاصله 55 کیلومتر شمال مسجدسلیمان و از نوع بتنی دوقوسی می باشد. هر دو سد بمنظور تولید انرژی برقابی، تامین آب شرب و صنعت، کشاورزی و کنترل سیلاب طراحی و اجرا گردیده اند. شبکه آبیاری دز اولین و بزرگترین شبکه مدرن آبیاری ایران است که در شمال استان خوزستان قرار دارد. شبکه آبیاری گتوند در شمال شهرستان شوشتر و جنوب ارتفاعات گتوند واقع است. در شکل (1) شرح گره بندی سیستم ارائه گردیده است.



تئوری فازی :

در منطق کلاسیک بر خلاف منطق فازی یک گزاره می تواند 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 پدیده ها غیر قابل بحث است، اما فایده و امکان استفاده از ریاضیات مبتنی بر تئوری مجموعه های کلاسیک در بسیاری از پدیده ها محدود می باشد. چراکه شرایط واقعی بیشتر اوقات معین و قطعی نیستند، لذا نمی توان آنها را با روش های متداول و با دقت مناسب توصیف کرد.

در سال 1965، پروفیسور زاده، استاد ایرانی دانشگاه برکلی، منطقی را ارائه کرد که تلاش داشت واقعیات فیزیکی را به همان صورتی که هستند، مدل کند. این ایده به پیدایش دسته جدیدی از سیستم ها با نام عمومی فازی منجر شده است.

سیستم استنتاج فازی، ساختاری محاسباتی است که براساس نظریه مجموعه های فازی، قواعد فازی if-then و استدلال فازی عمل می کند. امروزه این سیستم ها کاربردهای متنوعی در مباحث کنترل، سیستم های خبره، دسته بندی داده و تشخیص الگو یافته اند. از لحاظ تئوریک ورودی این سیستم ها می تواند فازی باشد. اما از آنجایی که دادن ورودی فازی ساده نیست، در بیشتر نرم افزارهای متداول ورودی به صورت عدد قطعی می باشد. خروجی سیستم فازی نیز معمولاً به صورت فازی است. اما همان طور که قبلاً گفته شد، به کمک روش هایی چند می توان در صورت نیاز خروجی را از حالت فازی خارج کرد.

بطور خلاصه، نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی بدست آوردن مجموعه ای از قواعد اگر-آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش حوزه مورد بررسی می باشد. مرحله بعدی ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است. سیستم های فازی مختلف از اصول و روش های متفاوتی برای ترکیب این قواعد استفاده می کنند.

مدل بهینه سازی DP برای بهره برداری از مخازن سدها :

اولین مرحله از متدولوژی تحت مطالعه شامل تعیین جواب های بهینه با استفاده از یک مدل بهینه سازی از نوع DP می باشد. در این مطالعه موردی (سد دز و سد شهید عباسپور) تابع هدف، حداقل سازی خسارت ناشی از انحراف مقادیر رهاسازی از مجموع نیازهای مطلوب شرب و

صنعت و کشاورزی و برقایی و محیط زیست انتخاب شده است. در این تحقیق، مدل DP برای 24 سال داده تاریخی اجرا شده است. با توجه به اینکه دوره بهره‌برداری به صورت ماهانه انتخاب شده است، تعداد داده‌های ورودی به مدل DP برابر میانگین ماهانه این 24 سال می‌باشد. لازم به ذکر است که با معلوم بودن جریان ورودی به سد در هر دوره و برای هر انتقال تراز آب از نوع مذکور، جریان خروجی از مخزن برابر R_t از رابطه بالانس آب و متعاقب آن خسارت حاصله در آن گام زمانی به راحتی قابل محاسبه است. در برنامه DP تهیه شده برای دو مخزن دز و شهید عباسپور، تفاوتی در تعداد حالت‌های ممکن با مدل DP تک‌مخزنه وجود دارد. به این ترتیب که مساله دو بعدی می‌شود. به عبارت دیگر در هر حالت، هر S_t از مخزن دز با 8 تا S_t از مخزن عباسپور ترکیب شده و به ازای ترکیب‌های مختلف S_{t+1} هر دو مخزن، تابع هدف محاسبه و جواب‌ها مقاسیه شده و جواب بهینه به دست می‌آید.

پس از به دست آوردن جواب بهینه (کمترین خسارت)، بررسی می‌شود که خسارت بهینه متناظر با کدام حالت می‌باشد و در نهایت خروجی مربوط به آن حالت به دست می‌آید.

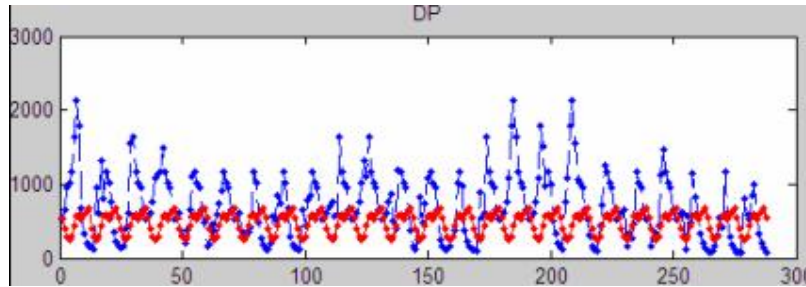
به منظور روشن شدن مطلب جدول 1 ارائه می‌شود. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، در ستون‌ها ترکیبات مختلف حجم ذخیره اولیه دو مخزن، و در سطرها ترکیبات مختلف حجم ذخیره نهایی دو مخزن وجود دارد که به ازای این ترکیبات مختلف در هر سلول جدول محاسبات برنامه‌ریزی DP انجام می‌شود. بدین ترتیب که با توجه به جریان ورودی هر دوره و مقادیر حجم اولیه و ثانویه، مقدار رهاسازی و پس از آن مقدار تابع هدف به دست می‌آید که این مقادیر با f_n نشان داده شده‌اند. پس از محاسبه 64 تابع خسارت در هر سطر (به ازای ترکیبات مختلف حجم ثانویه دو مخزن) مقدار بهینه آن (کمترین مقدار) مشخص می‌شود که با F_n نشان داده شده است. سپس از بین 64 تابع خسارت بهینه (به ازای ترکیبات مختلف حجم اولیه دو مخزن)، مقدار نهایی بهینه آن قسمت از جدول DP به دست می‌آید که با f^* نشان داده شده است.

جدول 1- مراحل DP دو مخزنه

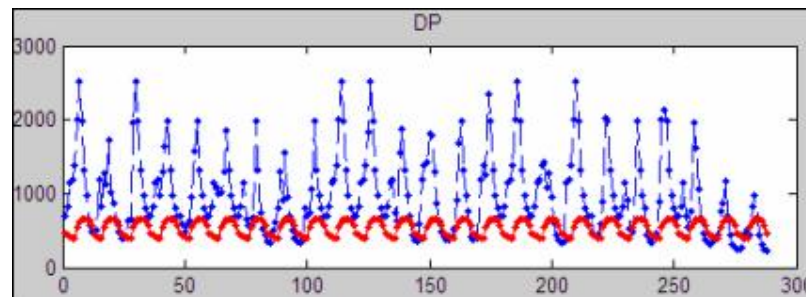
↓ St+1 →	St		...	S8 (D) , S1 (K)	S2 (D) , S1 (K)	...	S8 (D) , S8 (K)	F	f*
	S1 (D) , S1 (K)	S1 (K)							
S1 (D) , S1 (K)	f1		...	f8	f9	...	f64	F1	f*
S1 (D) , S2 (K)	f1		...	f8	f9	...	f64	F2	
.	
.	
S1 (D) , S8 (K)	f1		...	f8	f9	...	f64	F8	f*
S2 (D) , S1 (K)	f1		...	f8	f9	...	f64	F1	
.	
.	
S2 (D) , S8 (K)	f1		...	f8	f9	...	f64	F8	f*
.	
.	
.	
.	
.	
.	
.	
S8 (D) , S1 (K)	f1		...	f8	f9	...	f64	F1	f*
.	
.	
.	
S8 (D) , S8 (K)	f1		...	f8	f9	...	f64	F8	

نتایج حل سیستم دو مخزنه

گراف‌های رهاسازی و نیاز برای داده‌های تاریخی 24 سال در شکل‌های شماره 2 و 3 آورده شده است. (کلا 288 دوره). به منظور سنجش کارایی مدل DP تهیه شده، معیارهای اعتمادپذیری و برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری ماکزیمم در هر دو مخزن محاسبه شد. در مخزن شهید عباسپور اعتمادپذیری تامین نیاز کل 83% و برگشت‌پذیری تامین نیاز کل 23% و آسیب‌پذیری حداکثر تامین نیاز کل 50% می‌باشد در مورد مخزن دز اعتمادپذیری تامین نیاز کل 70% و برگشت‌پذیری تامین نیاز کل 33% و آسیب‌پذیری حداکثر تامین نیاز کل 84% می‌باشد.

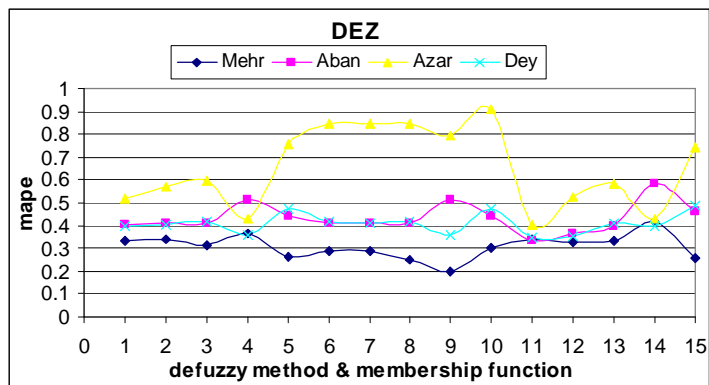


شکل شماره 2- گراف رهاسازی و نیاز در مخزن دز

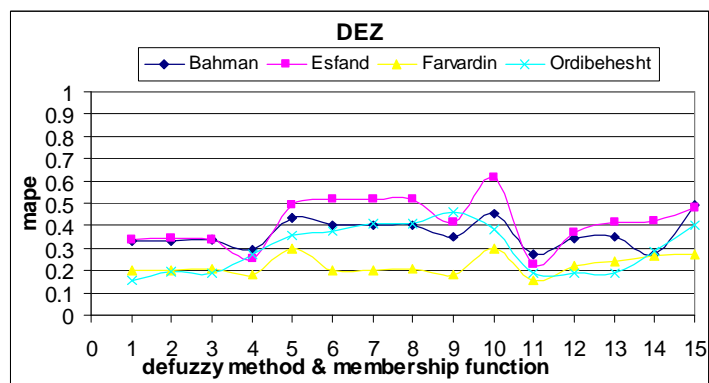


شکل شماره 2- گراف رهاسازی و نیاز در مخزن عباسپور

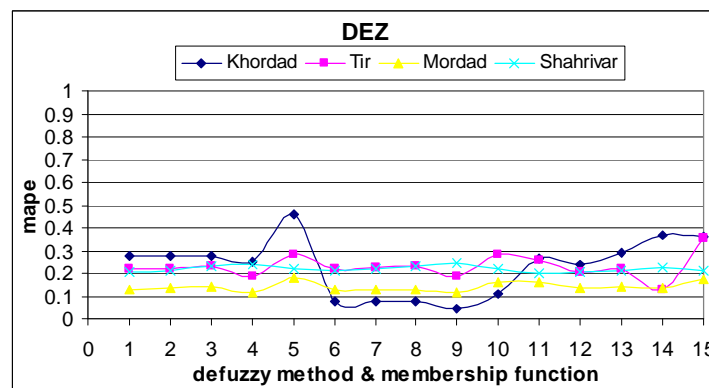
با استفاده از نتایج مدل بهینه سازی DP و به منظور وارد کردن عدم قطعیت و همچنین برای بدست آوردن روش کلی بهره برداری، سیستم استنتاج فازی (FIS) ساخته شد. در FRB (Fuzzy Rule-Based) مذکور، متغیرهای ورودی یا اولیه سیستم، جریان ورودی به مخزن و حجم ذخیره مخزن می‌باشند و جریان خروجی از مخزن به عنوان متغیر خروجی یا نتیجه سیستم فازی می‌باشد. در این روش قوانین بهره‌برداری به صورت ماهانه تحلیل شده‌اند. محدوده تغییرات هر یک از متغیرهای فرض و نتیجه مساله از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین مقدار، به چندین محدوده تقسیم شده و توابع عضویت هر محدوده مشخص گردیده است. نکته مهمی که باید در نظر گرفته شود، این است که FIS از نوع فوق صرفاً یک FIS اولیه بوده که پارامترهای توابع عضویت آن مانند میانگین و انحراف معیار باید بهینه شوند تا قوانین به دست آمده تصحیح شده و بتوان در تمامی دوره‌ها و به ازای داده‌های مختلف از آن جهت بهره‌برداری از سیستم مخازن استفاده شود. در واقع به دلیل اینکه تهیه مدل DP به دلیل چندمخزنه و چندمنظوره بودن سیستم، به سادگی امکان پذیر نمی باشد، اقدام به تشکیل سیستم استنتاج فازی گردید که بتواند در تمامی شرایط و حالت‌ها بیانگر روش کلی بهره‌برداری از سیستم مخازن باشد. بدین ترتیب که سیستم FIS یک بار با توابع عضویت مثلثی و یک بار با توابع عضویت دوزنقه‌ای و یک بار نیز با توابع عضویت گوسی ساخته شد و هر بار از روش‌های مختلف فازی زدایی برای استخراج نتیجه نهایی استفاده گردید. برای تعیین سیستمی که بتواند نتایج نزدیک‌تر به نتایج مدل بهینه‌سازی DP بدهد و نیز تعیین روش فازی زدایی برتر، خطای (Mean Absolute Percentage Error) MAPE، در همه حالت‌ها محاسبه شد که نتایج بدست آمده در گراف‌های 3 تا 8 نشان داده شده است.



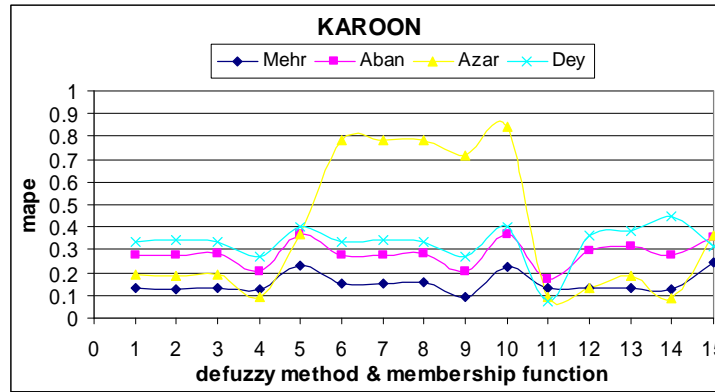
شکل 3- گراف خطاها برای مخزن دز در ماههای مهر و آبان و آذر و دی



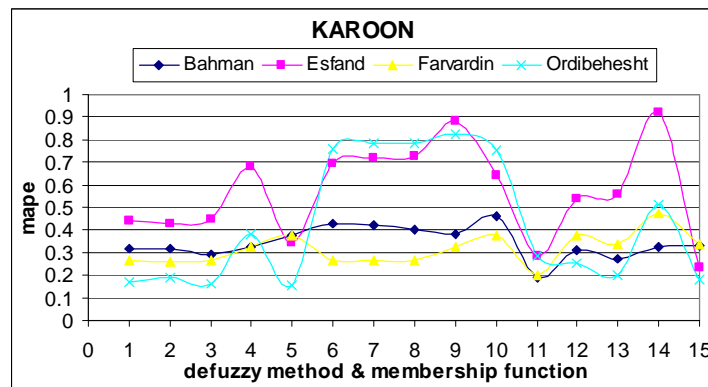
شکل 4- گراف خطاها برای مخزن دز در ماههای بهمن و اسفند و فروردین و اردیبهشت



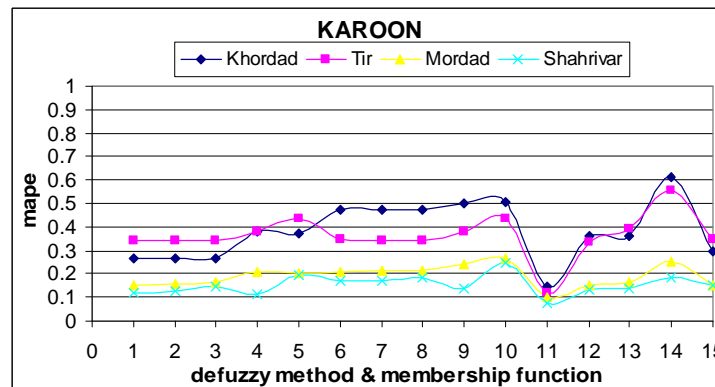
شکل 5- گراف خطاها برای مخزن دز در ماههای خرداد و تیر و مرداد و شهریور



شکل 6- گراف خطاها برای مخزن عباسپور در ماههای مهر و آبان و آذر و دی



شکل 7- گراف خطاها برای مخزن عباسپور در ماههای بهمن و اسفند و فروردین و اردیبهشت



شکل 8- گراف خطاها برای مخزن عباسپور در ماههای خرداد و تیر و مرداد و شهریور

نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهند که در اکثر ماه‌ها و در هر دو مخزن دز و شهید عباسپور، تابع عضویت گوسی و روش فازی زدایی مرکز ثقل منجر به حصول نتایج بهتری شده‌است. در مورد مخزن شهید عباسپور در ماه اردیبهشت، تابع عضویت مثلثی و روش فازی زدایی SOM نتیجه بهتری داده‌است. در مورد مخزن دز در ماه‌های خرداد و تیر و مرداد و مهر، تابع عضویت دوزنقه‌ای و روش فازی زدایی LOM نتایج بهتری را حاصل نموده‌است.

بطور کلی می‌توان در سیستم‌های چندمخزنه چندمنظوره به جای استفاده از روش‌های بهینه‌سازی معمول که پیچیده و زمان‌بر می‌باشند، از روش فازی برای مدیریت بهره‌برداری بهینه، استفاده کرد که در این مطالعه موردی، سیستم FIS ساخته شده توسط تابع عضویت گوسی و روش فازی زدایی مرکز ثقل به عنوان روش کلی بهره‌برداری سیستم مخازن، پیشنهاد می‌شود.

مراجع :

- 1- "مدل‌های استوکاستیک بهره‌برداری از مخازن چندمنظوره"، سعید علم‌محمدی، 1376
- 2- "کاربرد تئوری مجموعه‌های فازی در مدیریت منابع آب یکی از حوزه‌های آبریز کشور"، محمد کارآموز و بنفشه زهرایی و شهاب عراقی‌نژاد و سید جمشید موسوی، 1378
- 3- "تخمین تقاضای کوتاه‌مدت آب شهری با استفاده از شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی ترکیبی"، مسعود تابش، 1383
- 4- "استنباط قوانین بهره‌برداری از مخزن با استفاده از یک مدل فازی-عصبی"، سید جمشید موسوی، 1385
- 5- "مدل ریاضی بهره‌برداری بهینه از سیستم چند مخزنی چندمنظوره"، دکتر علیرضا برهانی داریان و مهندس محمدحسین احمدی، 1384
- ۶- Yeh , W.W-G. , "Real-time reservoir operation: The central Valley project case study," proceedings of the national workshop on reservoir operations," ASCE, 1981
- ۷- Gilbert, K.C, and R.M. Shane, "TVA hydro scheduling model: theoretical aspects," Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.108, No.1 , March 1982
- ۸- Wurbs, R.A. and M.N. Tibbets, L.M. Cabezas, and L.C. Roy, "State-of-the-Art review and annotated bibliography of systems analysis techniques applied to reservoir operation," Technical Report 136, Texas Water Resources Institute, Conege Texas, June 1985
- ۹- Yeh , W.W-G. , "Reservoir management and operations models: A state-of-the-Art review," Water Resources Research, AGU, Vol.21, December 1985
- ۱۰- Allen, R.B. , and S.G. Bridgeman, "Dynamic programming in hydropower scheduling," Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.112, No.3, July 1986
- ۱۱- Martin, Q.W., "Optimal daily operation of surface water systems," Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.113, No4, July 1987
- ۱۲- Palmer, R.N. , and K.J. Holmes, "Operational guidance during droughts: expert system approach," Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.114, No.6, November 1988
- ۱۳- Chung, F.I. , M.C. Helweg, "Modeling the California state water project," Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.115, No.2, March 1989
- ۱۴- Randall, D.M.H. Houch, and J.R. Wrights, "Drought management of existing water supply system," Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.116, No.1, January 1990
- ۱۵- Simonovic, S.P. , "Reservoir systems analysis: closing gap between theory and practice." Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.118, No.3, May 1992
- ۱۶- Jay R.Lund and Joel Guzman, "Some derived operating rules for reservoirs in series or in parallel," Journal of Water Resources Planning and Management, Vol.125, No.3, PP.143-153, May/June 1999
- ۱۷- D. P. Panigrahi and P. P. Mujumdar, "Reservoir operation modeling with fuzzy logic," Water Resources Management 14:89-109, 2000
- ۱۸- Rafail N.Gasimov and Kursat Yenilmez, "Solving fuzzy linear programming problems with linear membership functions," Turk J Math 26(2002), 375-396