تصمیم گیری چند معیاره فازی به منظورمدیریت منابع آب سطحی به کمک سدهای مخزنی در آبخیز سد بوستان - استان گلستان

محمدقاسم هلیلی[1]، امیر سعدالدین[2]، ابوالفضل مساعدی[3] و عبدالرسول سلمان ماهینی[4]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[2] استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[3] دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[4] استادیار گروه محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده:

کمبود منابع آب و نیز تغییرات کمی و کیفی آنها، تجدید نظر در خصوص ارائه برنامه‌ها و تصمیم گیری های تخصیص این منابع در مدیریت یکپارچه آبخیز را ضروری نموده است. بدین منظور نتایج مختلف تخصیص های متفاوت منابع آب سد بوستان استان گلستان مورد تحقیق قرار گرفته است. کنترل و تنظیم سطح آب در مخزن سد بطوریکه بتوان آب کافی برای تامین نیاز آبی خصوصا در ماه‌های کم آب را ذخیره نمود و در عین حال حجم خالی لازم به منظور کنترل سیلابها را فراهم آورد و همچنین نیازهای اکولوژیکی پایین دست را تامین کرد، از اهداف این پژوهش بوده است. در این پژوهش با بررسی داده های دبی جریان ثبت شده، مشاهده گردید که چهار ماه سیلابی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. این چهار ماه شامل اردیبهشت، خرداد، مرداد و شهریور می باشند. برای کاهش معضلات تخصیص منابع آب بین کاربران در اثر دیدگاه ها و اهداف مدیریتی مختلف بهره برداران منابع آب، 16 سناریوی مدیریتی خاص تدوین گردید. مقادیر دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری تمر در سال آبی 88-87 به کمک مدل سری زمانی SARIMA پیش یابی گردید. سپس، نحوه تخصیص و بهره برداری بهینه منابع آب سطحی با توجه به مقادیر پیش‌یابی شده به صورت ماهانه مورد ارزیابی قرار گرفت. پنج معیار جهت ارزیابی اثرات اجرای سناریوها تعیین گردید. این پنج معیار عبارتند از (1) میزان حجم خالی مخزن در ماه‌های سیلابی، (2) میزان آب ذخیره شده در پایان یک سال آبی، (3) خطر احتمال طغیان در پایاب سد، (4) میزان دبی سیل خروجی از مخزن و (5) خطر شکست سد در هنگام وقوع سیل. به منظور موازنه نتایج حاصل از اجرای سناریوهای تدوین شده، و نیز تعیین سناریو یا سناریوهای برتر فن تصمیم گیری چند معیاره فازی بکار گرفته شد. بدین منظور، پس از محاسبه مقدار معیارها در کلیه سناریوها و فازی سازی آنها، معیارهای مذکور به کمک فرآیند FAHP وزن دهی گردیدند. سپس، 16 سناریوی تدوین شده با استفاده از روش TOPSIS جهت تعیین برترین سناریوها اولویت بندی گردیدند. با توجه به نتایج حاصله مشاهده گردید که سناریوهای تدوین شده در 9 اولویت قرار گرفتند و سناریوی هفت اولویت اول را به خود اختصاص داده است. این سناریو شامل انجام اقدامات کنترل سیل فقط در ماههای اردیبهشت و مرداد می باشد و در سایر ماهها هیچ گونه اقدام کنترل سیل صورت نمی گیرد. تحقیق حاضر می تواند در آینده در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری برای نیل به مدیریت بهره برداری بهینه از مخازن، توسعه پیدا کند.

کلمات کلیدی: تخصیص بهینه منابع آب، تصمیم گیری چند معیاره فازی، FAHP، مدل SARIMA و آبخیز سد بوستان.

مقدمه

محدودیت منابع آب و افزایش نیاز به آب که خود ناشی از افزایش جمعیت، توسعه شهرها و سیاست‌های جدید مدیریت جوامع بشری است و نیز استفاده بی‌رویه و غیر اصولی از این منابع، باعث بروز مشکلات و اختلافات روزافزونی در این خصوص گردیده است. در نتیجه مسئله

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

توسعه پایدار و شناخت و کنترل سیاستهای بهره‌برداری از منابع آب بیش از پیش مطرح شده است (کارآموز، 1384). پژوهش در زمینه روش‌های مدیریت منابع آب نیازمند فنونی است که توان و امکان دورنگری، پیش‌بینی و نیز درک و بیان فرآیندهای پیچیده و پویا را فراهم نماید. بعضی از روش‌ها و فنون پژوهش در علوم طبیعی فراتر از "آنچه که اتفاق افتاده" و "آنچه که هست" را بررسی و تحلیل نمی‌کنند، در حالیکه تشخیص و تعیین بهترین وضعیتی که "می‌تواند و باید باشد" و یافتن پاسخ و راه حلی برای" چه اقداماتی برای دستیابی به چنین وضعیتی باید انجام داد؟" از مهمترین مسائلی است که می‌باید در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب در نظر گرفت (امینی فسخودی، 1385).

ناکارآمد بودن نگرش تک بعدی و لزوم جامع‌نگری در اتخاذ بهترین تصمیم‌ها و شیوه‌های مدیریتی، بهره‌گیری از تخصص‌های مختلف بر اساس معیارهای چندگانه کمی و کیفی و ارائه گزینه ها و سناریوهای مختلف مدیریتی را ضروری ساخته است. لذا، فنون و روش‌های "تصمیم-گیری گروهی" و "چندمعیاره" اهمیت خاصی می یابند. ابهام و عدم قطعیت ذاتی حاکم بر منابع آب در ارزیابی اهداف، معیارها و واحدهای تصمیم-گیری از یکسو و ناسازگاری وعدم دقت در نظرات و قضاوت افراد تصمیم‌گیرنده از سوی دیگر، باعث گرایش به نظریه‌های مجموعه‌های فازی و به تبع آن منطق فازی به عنوان ابزاری کارآمد و مفید برای برنامه ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها گردیده است. مخزن سدها نقش مهمی در مدیریت آبهای سطحی و نیز تغییر رژیم رودخانه‌های پایین دست در مقیاسهای زمانی مختلف ایفاد می کند. در مناطق مدیترانه‌ای که دبی مخازن در فصول مرطوب افزایش می یابد و حجم آب مخزن در فصل بهار به حداکثر می‌رسد و بر عکس در فصل کم‌آبی با کاهش میزان دبی ورودی حجم مخزن به حداقل میرسد، نقش کنترلی سدها بسیار مهم است (لوپز- مورنو و همکاران[1]، 2000).

در مورد فنون تصمیم گیری نوین و استفاده آنها در مدیریت منابع آب مطالعات مختلفی صورت گرفته است. ابریشم چی و همکاران (1380) به کمک تصمیم‌گیری چند معیاره نحوه مدیریت آب شهری و انتخاب بهترین گزینه توزیع آب شهر زاهدان را مورد بررسی قرار دادند. ایشان در این راستا با در نظر گرفتن 8 گزینه و 13 معیار، به مقایسه و رتبه‌بندی آنها پرداختند. تصمیم گیری چند معیاره فازی گروهی توسط رضوی طوسی و همکاران (1386) جهت اولویت‌بندی پروژه های انتقال آب بین حوزه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق 10 طرح انتقال آب بین حوزه ای کارون بزرگ با 8 معیار در نظر گرفته شد. در نهایت با استفاده از روش اولویت‌بندی فازی گروهی، 10 طرح مذکور اولویت‌بندی گردید. ساسیکمار و موجومدار[2] (1998)، یک مدل چندهدفه فازی را برای مدیریت کیفی سیستمهای رودخانه‌ای پیشنهاد نمودند. در تحقیق ایشان، اهداف کیفی سازمانهای مسئول حفاظت کیفی رودخانه و تخلیه‌کننده‌های آلاینده‌های مختلف به رودخانه بصورت فازی در نظر گرفته شد. چونتین[3] (1999) جهت مدیریت منابع آب خصوصا در مواقع سیلابی، مدل بهینه‌سازی چند معیاره فازی را بکار گرفت. روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و کاربرد آن در مدیریت و کنترل سیل به کمک مخازن توسط فو[4] (2006) مورد استفاده قرار گرفت. در این روش، از نقاط ایده‌آل و عکس ایده‌آل جهت اولویت بندی گزینه ها استفاده شد. هدف از پژوهش حاضر استفاده از تصمیم گیری چند معیاره فازی در بهینه سازی تصمیم گیری مدیریت منابع آب مخزن سد بوستان در استان گلستان بوده است. در این پژوهش از روش نقاط ایده‌آل و عکس ایده‌آل جهت اولویت‌بندی گزینه ها استفاده شده است.

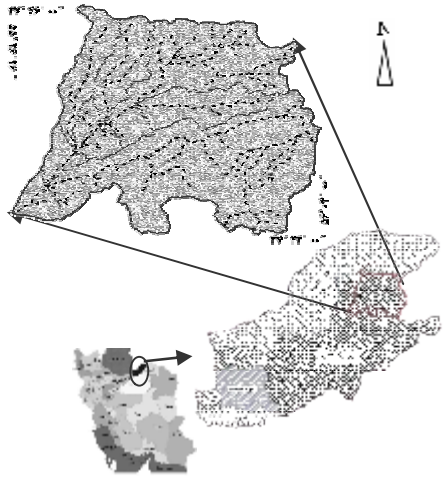
۱ - Lopez-Moreno et al
۲- Sasikumar and Mujomdar
۳- Chuntian
۴- Fu

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مواد و روش‌ها

موقعیت و مشخصات منطقه مورد مطالعه

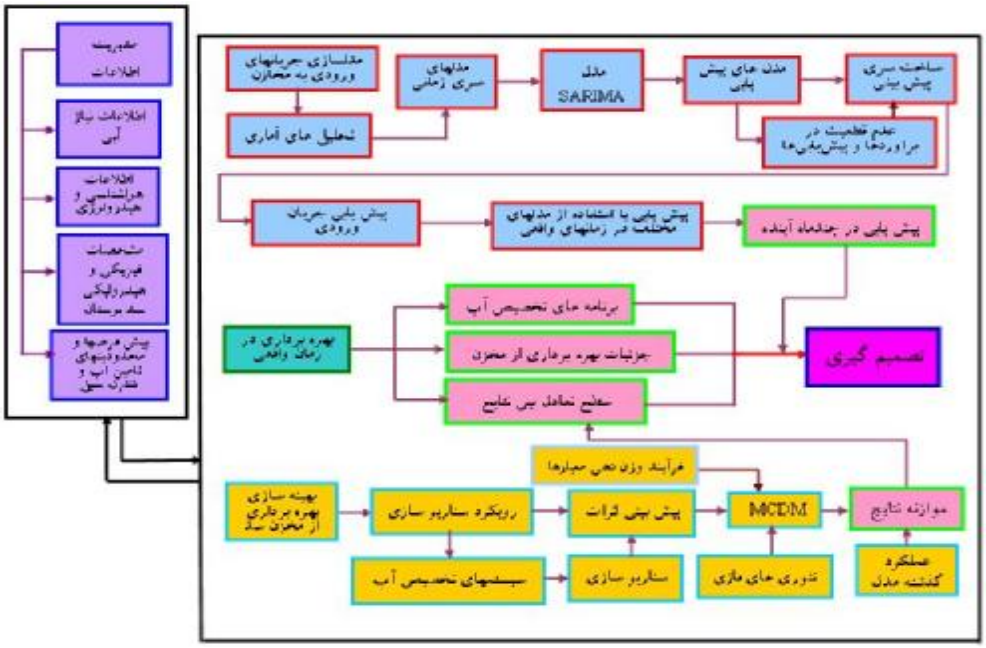
آبخیز سد بوستان یکی از زیر حوزه‌های گرگانرود واقع در شرق استان گلستان با مساحت حدود 1562 کیلومترمربع می‌باشد (شکل 1). این حوزه در محدوده جغرافیایی ″00 ′23 °37 تا ″00 ′46 °37 عرض شمالی و ″ 26′26 °55 تا ″00 ′04 °56 طول شرقی واقع شده است. متوسط بارش سالانه حوزه حدود 465 میلیمتر و اقلیم آن نیمه خشک تا نیمه مرطوب است (فرازجو، 1382). متوسط آبدهی سالیانه این حوزه حدود40 میلیون متر مکعب در سال می‌باشد و سد بوستان در خروجی حوزه واقع گردیده است. این سد که از نوع خاکی همگن است، با ارتفاع 35 متر دارای حجم مخزن حدود 81 میلیون مترمکعب در تراز سیلاب حداکثر می‌باشد. این سد نقش مهمی در مدیریت، کنترل و بهره‌برداری از منابع آب سطحی حوزه ایفاء می کند (مهندسی مشاور تهران برکلی، 1384).



شکل1: موقعیت جغرافیایی آبخیز سد بوستان در ایران و استان گلستان

به منظور مدیریت منابع آب سطحی آبخیز سد بوستان از مراحل و روش‌هایی استفاده گردید که مجموع آنها یک چارچوب سیستمی مدیریت مخزن را تشکیل می دهد. این چارچوب سیستمی در شکل2 نشان داده شده است. بطور کلی مراحل پژوهش شامل جمع آوری اطلاعات آبی، مدلسازی و پیش یابی دبی‌های ماهانه آب، بررسی نحوه تخصیص آب حوزه و استفاده از آن، تعیین گزینه های تخصیص آب و تدوین سناریوهای مدیریتی، تعیین معیارها جهت ارزیابی سناریوها، فازی سازی معیارها، وزن دهی به معیارها و غیرفازی سازی آنها و استفاده از روش TOPSIS جهت اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی بوده است. در زیر به شرح این مراحل پرداخته می شود.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شکل2: چارچوب سیستمی مدیریت مخزن سد بوستان

مدلسازی و پیش‌یابی مقادیر دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری تمر با استفاده از مدل SARIMA

در این پژوهش نخست دبی‌های ماهانه ایستگاه هیدرومتری تمر در دوره آماری 1347 الی 1384 از شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان اخذ گردید. این ایستگاه تنها ایستگاه شاخص اندازه‌گیری جریان‌های سطحی خروجی از حوزه و ورودی به سد مخزنی بوستان می‌باشد. سپس، تحلیل‌های آماری مورد نیاز جهت بررسی داده‌های مذکور شامل بررسی روند داده‌ها، همگنی آنها و آزمون پرت بودن داده‌ها صورت گرفت. پیش‌یابی داده‌های دبی جریان ماهانه در سال آبی 88- 1387 با استفاده از مدل آماری SARIMA توسط نرم افزار Minitab14 و روش تکراری باکس- جنکینس[5] و در نهایت با انتخاب مدل (3، 1، 1)(1، 0، 1) صورت گرفت. سپس، میزان حجم جریان ماهانه ورودی به سد مخزنی بوستان با توجه به دبی های پیش یابی شده مشخص گردید.

تدوین گزینه‌ها و سناریوهای مدیریت منابع آب سطحی به کمک سد بوستان

به منظور مدیریت منابع آب سطحی به کمک سد مخزنی بوستان، گزینه‌ها و سناریوهای مدیریتی ممکن تعیین و تدوین گردید. در این خصوص چهار گزینه مدیریتی در نظر گرفته شد که عبارتند از: 1) کنترل و مدیریت سیلابها در یک ماه سیلابی، 2) کنترل و مدیریت سیلابها در دو ماه سیلابی، 3) کنترل و مدیریت سیلابها در سه ماه سیلابی، 4) کنترل و مدیریت سیلابها در چهار ماه سیلابی.

پس از بررسی داده‌های دبی روزانه خروجی از حوزه، چهار ماه سیلابی به کمک دبی بحرانی تعیین گردیدند. دبی بحرانی حداکثر آبی است که از مقطع بحرانی قابل عبور می باشد. سطح مقطع بحرانی مقطعی است که دارای کمترین سطح و به تبع آن کمترین دبی عبوری است. ضمنا، مشخصه‌های هیدرولیکی محدوده پایین دست سد از نظر شیب، زبری و غیره تقریبا یکسان بود و در نتیجه اثر آنها بر دبی عبوری یکسان تلقی گردید. پس از تعیین دبی بحرانی، دبی های بیشتر از دبی بحرانی به عنون دبی سیلابی در نظر گرفته شد. سپس با توجه به تعداد و میزان سیلابهای به وقوع پیوسته در هر ماه، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد به عنوان ماههای سیلابی مشخص گردیدند. سپس، با توجه به گزینه های مدیریتی و

[5]- Box -Jenkins

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ماههای نیازمند کنترل سیل، 16 سناریوی مدیریتی تدوین گردید (جدول 1). شایان ذکر است که گزینه تامین نیاز آبی در تمام سناریوها اعمال گردید و نیاز آبی در ماههای مرتبط در نظر گرفته شد. در این حالت، سناریوی اول فقط شامل تامین نیاز آبی بود و هیچ گونه اقدام کنترل سیل برای آن در نظر گرفته نشد.

جدول 1: سناریوهای تدوین شده جهت مدیریت منابع آب سطحی آبخیز سد بوستان

ماه / سناریو	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2	0	1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1
3	0	1	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1
4	0	1	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1
5	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1
6	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	1	1
7	0	1	0	0	0	0	2	1	1	2	1	1
8	0	1	0	0	0	0	2	1	1	1	2	1
9	0	1	0	0	0	0	1	2	1	2	1	1
10	0	1	0	0	0	0	1	2	1	1	2	1
11	0	1	0	0	0	0	1	1	1	2	2	1
12	0	1	0	0	0	0	1	2	1	2	2	1
13	0	1	0	0	0	0	2	2	1	2	1	1
14	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	2	1
15	0	1	0	0	0	0	2	1	1	2	2	1
16	0	1	0	0	0	0	2	2	1	2	2	1

0 = فقط به مقدار نیاز آبی محیط زیست و آبزی پروری در این ماه از مخزن سد رهاسازی گردد.

1= در این حالت علاوه بر نیاز آبی محیط زیست و آبزی پروری، نیاز آبی کشاورزی پایین دست نیز از مخزن رهاسازی گردد.

2= در این حالت کلیه آب موجود در مخزن به جز نیاز آبی ماه آینده جهت به حداکثر رساندن حجم خالی مخزن در ماه سیلابی، خارج گردد (گزینه کنترل سیل).

تعیین و محاسبه معیارها به منظور ارزیابی و اولویت بندی سناریوها

پس از تدوین سناریوها، پنج معیار جهت ارزیابی و اولویت بندی سناریوها تعیین گردید. این معیارها عبارتند از: 1- میانگین حجم خالی مخزن در ماههای سیلابی (معیار 1)، 2- میزان آب ذخیره شده در پایان یک سال آبی (معیار 2)، 3- خطر احتمال وقوع طغیان رودخانه در پایاب سد در هنگام وقوع سیل (معیار 3)، 4- میزان دبی سیل خروجی از مخزن (معیار 4) و 5- خطر شکست سد در هنگام وقوع سیل (معیار 5). در ادامه، مقادیر پنج معیار ذکر شده برای کلیه سناریوها محاسبه گردید. البته لازم به ذکر است که معیار پنجم یک معیار کیفی است که با توجه به جدول 2 تعیین گردیده است.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تعیین ماتریس تصمیم سناریوها

پس از تدوین سناریوها و محاسبه معیارهای تعیین‌شده، ماتریس تصمیم تهیه گردید. این ماتریس زمینه ساز اولویت‌بندی سناریوهاست و شامل سناریوهای مدیریتی همراه با معیارهای تعیین شده می‌گردد. در این ماتریس سناریوها و معیارهای مربوط در قالب مقادیر سطری و ستونی به صورت معادله زیر بیان می گردند.

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \qquad (1)$$

که در این رابطه R ماتریس تصمیم، r_{ij} مقدار معیار مربوط به هر سناریو، m تعداد سناریو (ستون) و n تعداد معیار (ردیف) می باشد.

فازی سازی معیارها

پس از محاسبه معیارها، فرآیند فازی سازی جهت پوشش دادن و در نظر گرفتن عدم قطعیت معیارها بکار گرفته شد. تعریف بازه‌ها و اعداد فازی با توجه به توابع عضویت و نیز انعطاف‌پذیر نمودن معیارها از دیگر مزیت های این فرآیند می‌باشد. بدین‌جهت، ابتدا معیارهای مذکور در محیط نرم فزار Idrisi Kilimanjaro به مقادیر استاندارد در بازه صفر و یک تبدیل گردیدند. سپس مقادیر استاندارد شده معیارها بر اساس هفت کلاس فازی تعیین شده با استفاده از نرم افزار Fuzzy TECH 3.3 به صورت اعداد فازی مثلثی در آمدند (جدول 2).

جدول2: مقادیر اعداد فازی مثلثی مربوط به عبارتهای زبانی

کلاس	اعداد فازی مثلثی	معیار سود	**معیار هزینه**
1	(0 و 0 و /1)	بسیار کم	بسیار زیاد
2	(0 و /1 و /3)	کم	زیاد
3	(/1 و /3 و /5)	نسبتا کم	نسبتا زیاد
4	(/3 و /5 و /7)	متوسط	متوسط
5	(/5 و /7 و /9)	نسبتا زیاد	نسبتا کم
6	(/7 و /9 و 1)	زیاد	کم
7	(/9 و 1 و 1)	بسیار زیاد	بسیار کم

تعیین ماتریس تصمیم فازی

این ماتریس همانند ماتریس تصمیم است، با این تفاوت که مقادیر معیارهایی که در این ماتریس بیان می گردد به صورت اعداد فازی می‌باشند. برای بدست آوردن این ماتریس، پس از فازی سازی مقادیر معیارها، ماتریس تصمیم فازی به صورت اعداد فازی مثلثی درآمد.

وزن دهی به معیارها به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)[6]

پس از محاسبه معیارهای 16 سناریوی تدوین شده، این معیارها به منظور اولویت‌بندی سناریوها وزن‌دهی گردیدند. در وزن‌دهی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده گردید. در این روش، نخست ماتریس های مقایسات زوجی توسط پنج متخصص در زمینه مدیریت منابع آب مشخص شد. سپس، ماتریس‌های فازی مقایسات زوجی معیارها با توجه به جدول 3 تعیین گردید. پس از تلفیق ماتریس‌های فازی بدست آمده وزن معیارها در قالب اعداد فازی مثلثی محاسبه گردید.

[6] - Fuzzy Analytic Hierarchy Process

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول 3: مقادیر فازی عبارات زبانی توابع عضویت کلاسهای **FAHP** (مونو و همکاران، 1994، ذکر شده توسط فو، ۲۰۰۹)

مقدار عددی	مقادیر زبانی	مقادیر اعداد فازی
1	ارجحیت یا اهمیت یکسان	(1 ،1 ،3)
3	ارجحیت کم یا کمی مهمتر	(1 ،3 ،5)
5	ارجحیت یا اهمیت قوی	(3 ،5 ،7)
7	ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی	(7،5 ،9)
9	کاملا ارجح یا کاملا مهمتر	(7 ،9 ،9)

محاسبه ماتریس تصمیم فازی وزن دهی شده

پس از محاسبه وزن معیارها، ماتریس تصمیم فازی وزن دهی شده از حاصلضرب وزن معیارها در مقادیر معیارهای ماتریس تصمیم فازی به کمک معادله شماره 2 تعیین گردید.

$$U_{IJ} = W_i \times V_{ij} \qquad (2)$$

در این معادله U_{ij} مقدار وزن دهی شده هر معیار در سناریوهای مختلف، W_i وزن معیار مربوط و V_{ij} مقدار معیار قبل از وزن‌دهی می‌باشد.

غیر فازی سازی معیارها

به منظور ارزیابی و اولویت بندی سناریوها، مقادیر فازی معیارها به مقادیر غیر فازی تبدیل گردیدند. روشهای مختلفی جهت فرآیند غیر فازی سازی ارائه گردیده است. در این مرحله از روش میانگین مرکز سطح (معادله 3) به دلیل سادگی، کاربردی بودن و در نظر گرفتن تاثیرات کلیه بازه فازی، استفاده شد. بدین ترتیب ماتریس تصمیم وزین شده با غیر فازی‌سازی کردن ماتریس تصمیم فازی وزن دهی شده بر اساس معادله 3 محاسبه گردید.

$$z^* = [(UR- LR) + (MR- LR)] / 3 + LR \qquad (3)$$

در این معادله z^* کمیت غیر فازی شده و UR، MR و LR بترتیب مقادیر حداکثر، میانگین و حداقل اعداد فازی مثلثی می باشند.

موازنه و اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت منابع آب سطحی

به منظور اولویت‌بندی سناریوها از روش اولویت بندی TOPSIS[7] استفاده شد. برای این کار با تعیین راه حل ایده آل و عکس ایده آل (معادله های 4 و 5)، میزان فاصله از راه حل ایده آل و عکس ایده آل سناریوها به ترتیب توسط معادله های 6 و 7 محاسبه شد. سپس، میزان نزدیکی نسبی سناریوها به راه حل ایده آل (cl_{i+}) به کمک معادله 8 تعیین گردید. در نهایت با توجه به میزان نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل، سناریوها اولویت بندی گردیدند. در این روش سناریویی در اولویت قرار می گیرد که دارای بیشترین نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل است.

راه حل ایده‌آل $(A^+) = \{ (\max Vij| j \in J), (\min Vij| j \in J') | i= 1, 2, 3,\ldots,m\}$

$$=\{V_1^+, V_2^+, \ldots, j_i^+, \ldots, V_n^+\} \qquad (4)$$

راه حل عکس ایده‌ال $(A^+) = \{ (\min Vij| j \in J), (\max Vij| j \in J') | i= 1, 2, 3,\ldots,m\}$

$$=\{V_1^-, V_2^-, \ldots, j_i^- \ldots, V_n^-\} \qquad (5)$$

به طوری که در آن { j های مربوط به سود| J= {j= 1, 2, 3,…,n و J'= {j= 1, 2, 3,…,n| j های مربوط به هزینه }

$$d_{i+} = \left\{ \sum_{i=1}^{n} (U_{ij} - V^+_j)^2 \right\}^{.5}, \quad i = 1,2,3,....m \qquad (6)$$

[7] - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$d_{i-} = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left(U_{ij} - V^{-}{}_{j} \right)^2 \right\}^{0.5}, \quad i = 1,2,3,....m \qquad (7)$$

در دو معادله 6 و 7 U_{ij} مقادیر ماتریس تصمیم وزن دهی شده، U_J و $U^-{}_J$ به ترتیب مقدار ایده‌آل و عکس ایده‌آل معیارها در کلیه سناریوها می‌باشند.

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})} \quad 0 \le cl_{i+} \le 1; \quad i = 1,23...,m \qquad (8)$$

که در آن d_{i+} فاصله از را حل ایده آل و d_{i-} فاصله از راه حل عکس ایده آل می باشند.

نتایج

جدول4 نتایج مربوط به مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل SARIMA را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد مقادیر دبی ماهانه و حجم ورودی به مخزن در سال 88-1387 تعیین شده است.

جدول4: مقادیر دبی و حجم آب ماهانه پیش یابی شده توسط مدلSARIMA در ایستگاه تمر در سال آبی 78-77

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
دبی (CMS)	1.68	1.65	1.21	1.21	1.65	1.84	5.83	5.77	1.05	0.44	5.73	1.71
حجم (mm^3)	4.36	4.27	3.14	3.12	4.28	4.60	15.62	15.46	2.81	1.18	15.35	4.59

نتایج ماتریس تصمیم حاصل از محاسبه پنج معیارتعیین شده در 16سناریوی مدیریتی در جدول5 آورده شده است. جدول 6 نیز مقادیر استاندارد شده معیارها جهت فازی سازی در سناریوهای مختلف را نشان می دهد.

جدول 5: ماتریس تصمیم سناریوهای تدوین شده

سناریو	معیار1	معیار2	معیار3	معیار4	معیار 5
1	36.570	14.017	147	783.5	خیلی کم
2	47.180	3.408	260	468.5	خیلی کم
3	44.985	2.798	233	607.36	خیلی کم
4	40.185	6.788	182	623.67	خیلی کم
5	39.298	3.106	172	623.40	خیلی کم
6	47.637	2.798	267	466.99	خیلی کم
7	45.490	6.788	238	473.60	خیلی کم
8	47.255	3.106	261	468.21	خیلی کم
9	44.985	2.798	233	607.36	خیلی کم
10	44.985	2.798	233	607.36	خیلی کم
11	41.105	3.106	189	779.70	خیلی کم
12	44.985	2.798	233	607.36	خیلی کم
13	47.637	2.798	267	466.99	خیلی کم
14	47.637	2.798	267	466.99	خیلی کم
15	47.255	3.106	261	468.21	خیلی کم
16	47.637	2.798	267	466.99	خیلی کم

جدول 6: مقادیر استاندارد شده معیارها

سناریو / معیار16	معیار1	معیار2	معیار3	معیار4
1	0.048	0.924	0.992	0.999
2	0.932	0.108	0.066	0.008
3	0.749	0.061	0.287	0.445
4	0.349	0.368	0.705	0.496
5	0.275	0.085	0.787	0.495
6	0.970	0.061	0.008	0.003
7	0.791	0.368	0.246	0.024
8	0.938	0.085	0.057	0.007
9	0.749	0.061	0.287	0.445
10	0.749	0.061	0.287	0.445
11	0.426	0.085	0.647	0.987
12	0.749	0.061	0.287	0.445
13	0.970	0.061	0.008	0.003
14	0.970	0.061	0.008	0.003
15	0.938	0.085	0.057	0.007

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

نتایج مقادیر فازی معیارها به صورت اعداد فازی مثلثی در جدول7 بیان گردیده است. همانطور که مشاهده می گردد، مقادیر معیارها با توجه کلاس‌های فازی تعیین شده در بازه صفر و یک دارای مقادیر کم، متوسط و زیاد می‌باشند.

جدول 7: ماتریس تصمیم فازی مثلثی معیارها در سناریوهای مختلف

سناریو	معیار1			معیار2			معیار3			معیار4			معیار5		
	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد
1	0	0.048	0.196	0.748	0.924	1	0.88	0.99	1	0.9	1	1	0	0	1
2	0.768	0.934	1	0.005	0.11	0.31	0	0.07	0.24	0	0.008	0.116	0	0	1
3	0.546	0.746	0.923	0	0.062	0.224	0.096	0.292	0.492	0.248	0.448	0.648	0	0	1
4	0.147	0.347	0.547	0.166	0.366	0.566	0.6	0.8	0.95	0.296	0.496	0.696	0	0	1
5	0.0875	0.275	0.475	0	0.083	0.266	0.59	0.79	0.945	0.295	0.495	0.695	0	0	1
6	0.840	0.970	1.000	0	0.062	0.224	0	0.01	0.12	0	0.003	0.106	0	0	1
7	0.591	0.791	0.9455	0.166	0.366	0.566	0.075	0.25	0.45	0	0.025	0.15	0	0	1
8	0.776	0.938	1.000	0	0.085	0.27	0	0.06	0.22	0	0.007	0.114	0	0	1
9	0.546	0.746	0.923	0	0.062	0.224	0.096	0.292	0.492	0.248	0.448	0.648	0	0	1
10	0.546	0.746	0.923	0	0.062	0.224	0.096	0.292	0.492	0.248	0.448	0.648	0	0	1
11	0.427	0.627	0.827	0	0.085	0.27	0.45	0.65	0.85	0.876	0.988	1	0	0	1
12	0.546	0.746	0.923	0	0.062	0.224	0.096	0.292	0.492	0.248	0.448	0.648	0	0	1
13	0.84	0.97	1	0	0.062	0.224	0	0.01	0.12	0	0.003	0.106	0	0	1
14	0.84	0.97	1	0	0.062	0.224	0	0.01	0.12	0	0.003	0.106	0	0	1
15	0.776	0.938	1	0	0.085	0.27	0	0.06	0.22	0	0.007	0.114	0	0	1
16	0.84	0.97	1	0	0.062	0.224	0	0.01	0.12	0	0.003	0.106	0	0	1

نتایج حاصل از تعیین وزن معیارها در قالب اعداد فازی مثلثی در جدول 8 آمده است. با توجه به این مقادیر، معیار 1 بیشترین وزن و معیار 3 کمترین وزن را به خود اختصاص داده اند. پس از تعیین وزن معیارها ماتریس تصمیم فازی وزن دهی شده محاسبه گردید. جدول9 نتایج محاسبه این ماتریس را نشان می‌دهد.

جدول8: مقادیر وزن نهایی فازی معیارها

معیار	حداقل	متوسط	حداکثر
1	0.222	0.334	0.529
2	0.162	0.256	0.394
3	0.076	0.127	0.199
4	0.080	0.132	0.220
5	0.098	0.151	0.226

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

نتایج مربوط به غیر فازی‌سازی مقادیر فازی معیارها جهت تعیین ماتریس تصمیم غیر فازی در جدول10 آمده است. در پایان نتایج اولویت-بندی سناریوهای مدیریتی در جدول11 ارائه شده است. با توجه به این نتایج، سناریوی هفت (انجام کنترل سیل در اردیبهشت و مرداد) که دارای بیشترین نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل (CL_{i+}) می باشد، در اولویت اول قرار گرفته است. همچنین سناریوی پنج که دارای بیشترین فاصله نسبت به راه حل ایده آل است، در اولویت آخر قرار گرفته است (جدول 11 و شکل 3).

جدول 9: مقادیر ماتریس تصمیم فازی وزن دهی شده معیارها در سناریوهای مختلف

سناریو	معیار1			معیار2			معیار3			معیار4			معیار5		
	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد
1	0.000	0.016	0.104	0.121	0.237	0.394	0.067	0.125	0.199	0.072	0.132	0.220	0	0	0.226
2	0.170	0.312	0.529	0.001	0.028	0.122	0	0.009	0.048	0.000	0.001	0.026	0	0	0.226
3	0.121	0.249	0.488	0	0.016	0.088	0.007	0.037	0.098	0.020	0.059	0.143	0	0	0.226
4	0.033	0.116	0.289	0.027	0.094	0.223	0.046	0.101	0.189	0.024	0.065	0.153	0	0	0.226
5	0.019	0.092	0.251	0	0.021	0.105	0.045	0.100	0.188	0.023	0.065	0.153	0	0	0.226
6	0.186	0.324	0.529	0	0.016	0.088	0	0.001	0.024	0	0	0.023	0	0	0.226
7	0.131	0.264	0.500	0.027	0.094	0.223	0.006	0.032	0.090	0	0.003	0.033	0	0	0.226
8	0.172	0.314	0.529	0	0.022	0.106	0	0.008	0.044	0	0.001	0.025	0	0	0.226
9	0.121	0.249	0.488	0	0.016	0.088	0.007	0.037	0.098	0.020	0.059	0.143	0	0	0.226
10	0.121	0.249	0.488	0	0.016	0.088	0.007	0.037	0.098	0.020	0.059	0.143	0	0	0.226
11	0.095	0.210	0.437	0	0.022	0.106	0.034	0.082	0.169	0.070	0.130	0.220	0	0	0.226
12	0.121	0.249	0.488	0	0.016	0.088	0.007	0.037	0.098	0.020	0.059	0.143	0	0	0.226
13	0.186	0.324	0.529	0	0.016	0.088	0	0.001	0.024	0	0	0.023	0	0	0.226
14	0.186	0.324	0.529	0	0.016	0.088	0	0.001	0.024	0	0.000	0.023	0	0	0.226
15	0.172	0.314	0.529	0	0.022	0.106	0	0.008	0.044	0	0.001	0.025	0	0	0.226
16	0.186	0.324	0.529	0	0.016	0.088	0	0.001	0.024	0	0	0.023	0	0	0.226

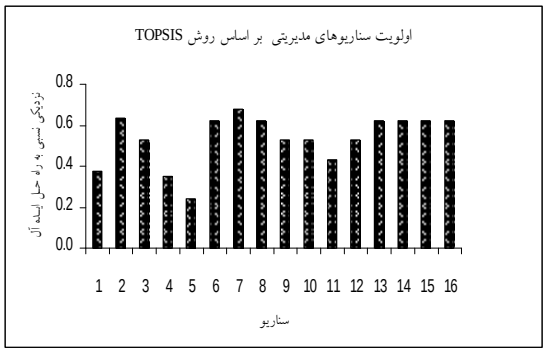
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول 10: مقادیر غیر فازی معیارها در سناریوهای مختلف

معیار / سناریو	معیار1	معیار2	معیار3	معیار4	معیار5
1	0.040	0.251	0.131	0.141	0.075
2	0.337	0.050	0.019	0.009	0.075
3	0.286	0.035	0.047	0.074	0.075
4	0.146	0.115	0.112	0.081	0.075
5	0.121	0.042	0.111	0.081	0.075
6	0.346	0.035	0.008	0.008	0.075
7	0.298	0.115	0.042	0.012	0.075
8	0.338	0.043	0.017	0.009	0.075
9	0.286	0.035	0.047	0.074	0.075
10	0.286	0.035	0.047	0.074	0.075
11	0.247	0.043	0.095	0.140	0.075
12	0.286	0.035	0.047	0.074	0.075
13	0.346	0.035	0.008	0.008	0.075
14	0.346	0.035	0.008	0.008	0.075
15	0.338	0.043	0.017	0.009	0.075
16	0.346	0.035	0.008	0.008	0.075

جدول 11: میزان نزدیکی نسبی سناریوها به راه حل ایده

سناریو	CL_{i+}	اولویت	سناریو	CL_{i+}	اولویت
1	0.378	8	9	0.531	5
2	0.632	2	10	0.531	5
3	0.531	5	11	0.429	7
4	0.350	6	12	0.531	5
5	0.237	9	13	0.622	4
6	0.622	4	14	0.622	4
7	0.678	1	15	0.624	3
8	0.624	3	16	0.622	4



شکل 3: نمودار میزان نزدیکی نسبی سناریوها به راه حل ایدآل

بحث و نتیجه گیری

در مدیریت و برنامه‌ریزی برای سیستم های منابع آب و آبخیز با توجه به وجود اجزاء متفاوت در سیستم و اثرات مختلف ناشی از اعمال شیوه‌های مدی یتی، همیشه لازم است که سیستم به صورت یکپارچه درنظر گرفته شود. با توجه به اهداف مختلف مدیریتی، نظیر تامین نیازهای آبی، کنترل سیل، تامین انرژی برق آبی و نظایر آن، در بیشتر موارد ضرورت دارد تا اثرات دخالت‌ها و گزینه‌های مدیریتی مورد بررسی واقع شود. درمطالعه اخیر سعی شده است دو هدف عمده تامین نیاز آبی برای ساکنین پایین دست سد در خروجی حوزه و نیز کنترل سیل در مدیریت منابع آب سطحی حوزه در نظر گرفته شود. برای دستیابی به این اهداف 16 سناریوی تدوین گردید و جهت پیش بینی اثرات گزینه‌ها و سناریوهای مدیریتی ممکن، پنج معیار در نظر گرفته شد تا بتوان اثرات مدیریت را از هر دو جنبه تامین نیاز آبی و نیز کنترل ارزیابی نمود. استفاده از فن تصمیم گیری چند معیاره با توجه به وجود اثرات مختلف سناریوهای مدیریتی و تفاوت در ماهیت و جهت معیارها به کاربر در اتخاذ تصمیم نهایی کمک می‌نماید. بکارگیری فن تصمیم گیری چند معیاره از نوع فازی با توجه به ماهیت فازی بودن معیارها و نیز عدم قطعیت در داده‌های ورودی به سیستم، منجر به گنجاندن خطاها و عدم قطعیت در نتایج می شود و از این راه آنها

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

را قابل پذیرش تر و قابل مدیریت می نماید. در فنون تصمیم‌گیری چند معیاره همانطور که از نام آن پیداست، معیارهای تعیین‌شده جهت رسیدن به اهداف در نظر گرفته شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این وضعیت نوع، تعداد، تنوع، تکمیل کنندگی و تاثیر پذیری و تاثیر گذاری معیارها را شامل گردد. ارائه و تدوین سناریوهای مدیریتی یکی از راهکارهای مناسب مدیریت منابع آب سطحی با توجه به حالت-های مدیریتی متنوع می‌باشد. در این خصوص با ارائه و تدوین سناریوهای مختلف، زمینه بررسی و ارزیابی مدیریت این منابع از دیدگاههای مختلف و شرایط متنوع فراهم می گردد. علاوه بر آن، زمینه ارائه برنامه های مدیریتی با توجه به معیارهای متنوع و گوناگون فراهم می شود. برای این کار نیز می توان با توجه به معیارهای تعیین شده، سناریوهای مدیریتی را جهت نیل به هدف یا اهداف تعیین شده مورد ارزیابی قرار داد و در نهایت آنها را اولویت‌بندی نمود.

با توجه به نتایج حاصل از انجام این تحقیق و در نهایت اولویت بندی سناریوها، ملاحظه می گردد که سناریوی هفت اولویت نخست و سناریوی پنج اولویت آخر را به خود اختصاص داده‌اند (جدول 12 و شکل3). بدین ترتیب، سناریوی هفت به عنوان سناریوی برتر جهت نیل به هدف در نظر گرفته شده (مدیریت منابع آب سطحی آبخیز سد بوستان) انتخاب و معرفی گردید. این سناریو که شامل انجام گزینه مدیریتی کنترل سیل در ماه‌های اردیبهشت و مرداد است بهترین وضعیت را با توجه به گزینه‌ها و معیارهای در نظر گرفته شده در حوزه آبخیز سد بوستان فراهم می کند. با توجه به این نتایج، سناریویی که در اولویت قرار می گیرد نتیجه تعامل بین راه حل ایده‌آل و عکس ایده‌آل می باشد. به عبارت دیگر، سناریویی که در اولویت قرار می گیرد ممکن است دارای کمترین فاصله از راه حل ایده آل و یا دارای بیشترین فاصله از راه حل عکس ایده‌آل نباشد، بلکه با توجه به وضعیت سناریو نسبت به هر دو راه حل و تعامل بین آنها در اولویت قرار گیرد. این یکی از بارزترین و مهمترین خصوصیت اولویت بندی به روش TOPSIS است. این نتایج با نتایج حسی و همکاران (2003) و فو (2006) در یک راستا می باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که مدیریت منابع آب سطحی تحت تاثیر گزینه های مختلفی است که خود نیاز به تدوین و تنظیم سناریوهای مختلف مدیریتی را در شرایط متنوع ایجاد نموده است (16 سناریوی مدیریتی). بنابراین، می باید شرایطی را فراهم آورد تا امکان بررسی سناریوهای مختلف به کمک معیارهای تعیین شده، با توجه به عدم قطعیت های موجود در این منابع مهیا گردد.

انجام این تحقیق و نتایج آن مبین این امر می باشند که مدیریت آبهای سطحی متاثر از شرایط مختلف و کارکردها و اقدام های مدیریتی متنوع است. لذا، لازم است گزینه‌ها، سناریوها و معیارهای مختلف مدیریتی تدوین و بررسی گردند. تحقیقات ابریشم چی و همکاران (1380)، چیت‌سازان و ساعت‌ساز (1384)، رضوی طوسی و همکاران (1386)، چونتین (1999) و فو (2006)، نیز بر اساس تدوین گزینه ها و سناریوهای مختلف و بررسی اثرات آنها انجام شداند. بدون توجه به این مباحث، مدیریت و بهره برداری بهینه از منابع آبی با ارزش بسیار سخت و دشوار خواهد گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که تصمیم گیری چند معیاره فازی توانایی ایجاد یک محیط تصمیم‌گیری مناسب و نیز زمینه تدوین سناریوهای مختلف مدیریتی را فراهم می‌آورد. علاوه بر آن، مشاهده شد که روش TOPSIS توانایی اولویت‌بندی و تعیین سناریوهای برتر مدیریتی را با تلفیق اثرات معیارها و در نظر گرفتن راه‌حل ایده‌آل و عکس ایده‌آل دارا می باشد. در ضمن روش مورد بررسی در این تحقیق یک فرآیند پویاست و می توان با استفاده از آن و در نظر گرفتن یکپارچه سیستم به ارائه برنامه های مدیریتی در زمان واقعی (Real time) پرداخت. این روش می تواند همه ساله اجرا گردد و با تغییر مقادیر دبی ماهانه ورودی به سد و نیز در نظر گرفتن معیارهای مختلف با توجه به تعامل بین معیارها، سناریوهای تدوین شده در همان سال بررسی و دوباره اولویت بندی گردند. لذا، روش مورد بررسی توانایی ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب (سناریوهای برتر مدیریتی) را هر ساله برای مقیاس ماهانه دارا می باشد.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

منابع

1- ابریشم‌چی، ا.، ابراهیمیان، ع. و تجریشی، م. 1380. کاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت آب شهری، کنفراس آسیایی فرآیندهای مدیریت آب و آبخیز، ایران، تهران، 16صفحه.

2- امینی فسخودی، ع. 1385. ارزیابی مدلهای تصمیم گیری با استفاده از مدل برنامه ریزی اولویت بندی فازی گروهی، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، 20: 1 ص 230-211.

3- رضوی طوسی، ل.، محمدولی سامانی، ج. و کوره پزان دزفولی، ا. 1386. اولویت بندی پروژه های انتقال آب بین حوزه‌ای با استفاده از روش تصمیم گیری فازی چند شاخصه ای گروهی فازی، دو فصلنامه علمی پوهشی تحقیقات منابع آب ایران، 2: 3 ص 9-1.

4- فرازجو، ح. 1382. بررسی اثر تغییر پوشش گیاهی بر هیدروگراف سیل حوزه آبخیز سد گلستان با استفاده از GIS و مدل HEC-HMS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده شیلات و محیط زیست و مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، 176 صفحه.

5- کارآموز، م. 1384. برنامه‌ریزی و مدیریت کمی و کیفی بهره‌برداری و تخصیص آب با تاکید بر حل اختلاف، طرح تحقیقاتی کاربردی، شرکت مدیریت منابع آب، معاونت فنی و پژوهشی، 210صفحه.

6- مهندسین مشاور تهران برکلی، 1384، گزارش پیشرفت کار ماهیانه (آبان ماه) سد گلستان دو، 23 صفحه.

7- Chuntian, C. 1999. Fuzzy optimal model for the flood control system of the upper and middle reaches of the Yangtze River. J. Hydrological Sciences. 44(4): 573 – 582.

8- Fu, G. 2006. A fuzzy optimization method for multicriteria decision making: an application to reservoir flood control operation. J. Expert Systems with Applications. 34 (1): 145-149.

9- Hajkowicz, S., and Higgins, A. 2006. A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. J. Operational Research. 184(1): 255-265.

10- López-Moreno, J. I., Begueria, S., and Garcia-Ruiz, J. M. 2002. Influence of the Yesa Reservoir on floods of the Aragon River, Central Spanish Pyrenees. J. Hydrology and Earth System Sciences. 6(4) : 753-762.

11- Sasikumar, K., and Mujumdar, P. P. 1998. Fuzzy optimization model for water quality management of a river system. J. Water resources Planning and Management. 124(2): 79-80.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com