مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال چهارم - شماره ۱۱ - تابستان ۱۳۸۹
Vol. 4, No. 11, Summer 2010

مدیریت بهره برداری از مخزن با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره در سد مخزنی بوستان - استان گلستان

امیر سعدالدین[۱]، محمدقاسم هلیلی[۲] و ابوالفضل مساعدی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۷/۱۸

چکیده

کمبود منابع آب و نیز تغییرات کمی و کیفی آنها، تجدید نظر در خصوص ارائه برنامه ها و تصمیم گیری های مربوط به تخصیص این منابع را ضروری نموده است. در این پژوهش نتایج مختلف تخصیص های متفاوت منابع آب سد بوستان استان گلستان، با ارائه و تدوین گزینه ها و سناریوهای مختلف مدیریتی، مورد بررسی قرار گرفته است. کنترل و تنظیم سطح آب در مخزن سد، به طوری که بتوان آب کافی برای تامین نیاز آبی، خصوصا در ماه های کم آب را ذخیره نمود و در عین حال حجم خالی لازم به منظور کنترل سیلاب ها را فراهم آورد و همچنین نیازهای بوم شناختی پایین دست را تامین کرد که خود فرآیندهای مدیریتی را با چالش مواجهه کرده، از اهداف این پژوهش بوده است.

بدین منظور 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. جهت کاهش معضلات تخصیص منابع آب بین کاربران، با توجه به دیدگاه ها و اهداف مدیریتی مختلف در بین بهره برداران منابع آب، ۱۶ سناریوی مدیریتی خاص تدوین گردید. در ادامه مقادیر دبی ماهانه ایستگاه آب سنجی تمر در سال آبی ۸۸-۸۷ به کمک مدل سری زمانی SARIMA پیش یابی گردید. نحوه تخصیص و بهره برداری بهینه منابع آب سطحی، با توجه به مقادیر پیش یابی شده، به صورت ماهانه در سناریوهای تدوین شده مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس، پنج معیار جهت ارزیابی اثرات اجرای سناریوها تعیین گردید. این پنج معیار عبارتند از (۱) میزان حجم خالی مخزن در ماه های سیلابی، (۲) میزان آب ذخیره شده در پایان یک سال آبی، (۳) خطر احتمال طغیان در پایاب سد، (۴) میزان دبی سیل خروجی از مخزن و (۵) 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 بکار گرفته شد. بدین منظور، پس از محاسبه مقدار معیارها در کلیه سناریوها، معیارهای مذکور به کمک فرآیند AHP وزن دهی گردیدند. سپس، ۱۶ سناریوی تدوین شده با استفاده از روش SIS-TOP ، جهت تعیین برترین سناریوها، اولویت بندی گردیدند. با توجه به نتایج حاصله مشاهده گردید که سناریوهای تدوین شده در ۹ اولویت قرار گرفتند و سناریوی هفت، اولویت اول را به خود اختصاص داده است. این سناریو شامل انجام اقدامات کنترل سیل فقط در ماه های اردیبهشت و مرداد می باشد و در سایر ماه ها هیچ گونه اقدام کنترل سیل صورت نمی گیرد. همچنین پژوهش حاضر می تواند در آینده در قالب یک سیستم نظام پشتیبان تصمیم گیری برای نیل به مدیریت بهره برداری بهینه از مخازن، توسعه پیدا کند.

واژه های کلیدی: تخصیص بهینه منابع آب، تصمیم گیری چند معیاره، AHP، مدل SARIMA و آبخیز سد بوستان.

مقدمه

محدودیت منابع آب و افزایش نیاز به آب که خود ناشی از افزایش جمعیت، توسعه شهرها و سیاست های جدید مدیریت جوامع بشری است و نیز استفاده بی رویه و غیر اصولی از این منابع، باعث بروز مشکلات و اختلافات روزافزونی در این مورد گردیده است. در نتیجه، مسئله توسعه پایدار و شناخت و کنترل سیاست های بهره برداری از منابع آب، بیش از پیش مطرح شده است، کارآموز [۸].

پژوهش در زمینه روش های مدیریت منابع آب، نیازمند فنونی است که توان و امکان دورنگری، پیش بینی و نیز درک و بیان فرآیندهای پیچیده و پویا را فراهم نماید. بعضی از روش ها و فنون پژوهش در علوم طبیعی، فراتر از آن چه که اتفاق افتاده و آن چه که هست را بررسی و تحلیل نمی کنند، در حالی که تشخیص و تعیین بهترین وضعیتی که می تواند و باید باشد و یافتن پاسخ و راه حل برای چه اقداماتی به منظور دستیابی به چنین وضعیتی باید انجام داد؟ از

۱ - نویسنده مسئول و استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان amir.sadoddin@gmail.com
۲ - دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳ - دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه فردوسی مشهد

مهمترین مسائلی است که می باید در برنامه ریزی و توسعه منابع آب در نظر گرفت، امینی فسخودی [۲].

ناکارآمد بودن نگرش تک بعدی و لزوم جامع نگری در اتخاذ بهترین تصمیم ها و شیوه های مدیریتی، بهره گیری از تخصص های مختلف بر اساس معیار های چندگانه کمی و کیفی، ارائه گزینه ها و سناریو های مختلف مدیریتی را ضروری ساخته است. لذا، فنون و روش های تصمیم گیری گروهی و چندمعیاره، اهمیت خاصی می یابند.

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 می نماید. در فنون تصمیم گیری چند معیاره، همان طور که از نام آن پیداست، معیارهای تعیین شده جهت رسیدن به اهداف در نظر گرفته شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این وضعیت، نوع، تعداد، تنوع، تکمیل کنندگی و تاثیرپذیری و تاثیرگذاری معیارها را شامل گردد.

مخزن سدها نقش مهمی در مدیریت آب های سطحی و نیز تغییر رژیم رودخانه های پایین دست در مقیاس های زمانی مختلف ایفاد می کنند. در مناطق مدیترانه‌ای که دبی مخازن در فصول مرطوب افزایش می یابد و حجم آب مخزن در فصل بهار به حداکثر می رسد و بر عکس در فصل کم آبی و با کاهش میزان دبی ورودی حجم مخزن به حداقل می رسد، نقش کنترلی سدها بسیار مهم است، لوپز-مورنو و همکاران [۱۶].

در مورد فنون تصمیم گیری نوین و استفاده آنها در مدیریت منابع آب مطالعات مختلفی صورت گرفته است.

ابریشم چی و همکاران [۱] به کمک تصمیم گیری 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 ۸ گزینه و ۱۳ معیار، به مقایسه و رتبه بندی آنها پرداختند. پیش بینی جریان سطحی به منظور مدیریت بهینه منابع آب سطحی، با استفاده از انواع مدل های برنامه‌ریزی پویای استوکاستیک و برنامه‌ریزی پویای قطعی برای سد مخزنی چند منظوره دز توسط برهانی داریان و افتخار جوادی [۳]، ارائه و مقایسه گردید. تصمیم گیری چند معیاره فازی گروهی توسط رضوی طوسی و همکاران [۴]، جهت اولویت بندی پروژه های انتقال آب بین حوزه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش ۱۰ طرح انتقال آب بین حوزه‌ای کارون بزرگ با ۸ معیار در نظر گرفته شد. در نهایت با استفاده از روش اولویت بندی فازی گروهی، ۱۰ طرح مذکور اولویت بندی گردید. نوروزی و بارانی [۱۰]، به منظور مدیریت آب های سطحی، به بررسی تأثیر جریان های ورودی و نیازمندی های پایاب مخازن بر میزان بهینه جریانات حدفاصل سدها در سیستم های چند مخزنه پرداختند. سعدالدین و همکاران [۵] نحوه مدیریت یکپارچه آبخیز رامیان استان گلستان را با استفاده از رویکرد تصمیم گیری چند معیاره، با در نظر گرفتن ۱۶ سناریو مدیریتی و چهار معیار، مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش. ساسیکمار و موجومدار [۱۷]، یک مدل چندهدفه فازی را برای مدیریت کیفی نظام های رودخانه‌ای پیشنهاد نمودند. در پژوهش ایشان، اهداف کیفی سازمان های مسئول حفاظت کیفی رودخانه و تخلیه کننده های آلاینده های مختلف به رودخانه به صورت فازی در نظر گرفته شد. چونتین [۱۱] جهت مدیریت منابع آب به ویژه در مواقع سیلابی، مدل بهینه سازی چند معیاره را به کار گرفت. کاربوسکی و همکاران [۱۴]، با بررسی آب های سطحی و با در نظر گرفتن دو عامل پیش بینی جریان ورودی و میزان آب خروجی، مدیریت بهینه آب مخزن سد روزنو[1] رودخانه دوناجس[2] کشور لهستان را مورد بررسی قرار دادند. مقایسه نتایج روش های تحلیل چند معیاره جهت مدیریت منابع آب توسط هاجکویکز و های جینز [۱۳]، بررسی گردید. این ارزیابی ها با مقایسه شش مورد تصمیم گیری چند معیاره منابع آب در نقاط مختلف جهان انجام گرفت. روش تصمیم گیری چند معیاره فازی و کاربرد آن در مدیریت و کنترل سیل به کمک مخازن، توسط فو [۱۲] 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 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 اولویت بندی گزینه ها استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت و ویژگی های منطقه مورد مطالعه

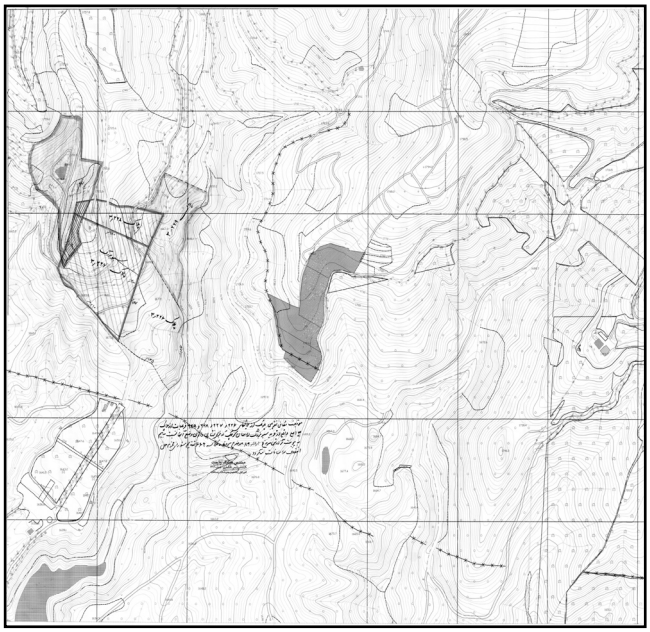
آبخیز سد بوستان یکی از زیر حوزه های گرگانرود واقع در شرق استان گلستان با مساحت حدود ۱۵۶۲ کیلومتر مربع می باشد (شکل ۱). این حوزه در محدوده جغرافیایی ۰۰ً، ۲۳َ، ۳۷ْ تا ۰۰ً، ۴۶َ، ۳۷ْ عرض شمالی و ۲۶ً، ۲۶َ، ۵۵ْ تا ۰۰ً، ۰۴َ، ۵۶ْ طول شرقی واقع شده است. متوسط بارش سالانه حوزه حدود ۴۶۵ میلیمتر و اقلیم آن نیمه خشک تا نیمه مرطوب است، فرازجو [۶]. متوسط آبدهی سالیانه این حوزه حدود ۴۰ میلیون مترمکعب در سال می باشد و سد بوستان در خروجی حوزه واقع گردیده است. این سد که از نوع خاکی همگن است، با ارتفاع ۳۵ متر دارای حجم مخزن حدود ۸۱ میلیون مترمکعب در تراز سیلاب حداکثر می باشد، مهندسین مشاور تهران برکلی [۸]. این سد نقش مهمی در مدیریت، کنترل و بهره برداری از منابع آب سطحی حوزه ایفاء می کند.

به منظور مدیریت منابع آب سطحی آبخیز سد بوستان از مراحل و روش هایی استفاده گردید که مجموع آنها یک چارچوب نظام مند مدیریت مخزن را تشکیل می دهد. این چارچوب نظام مند در شکل(۲) نشان داده شده است.

1- Roznow

2- Dunajec

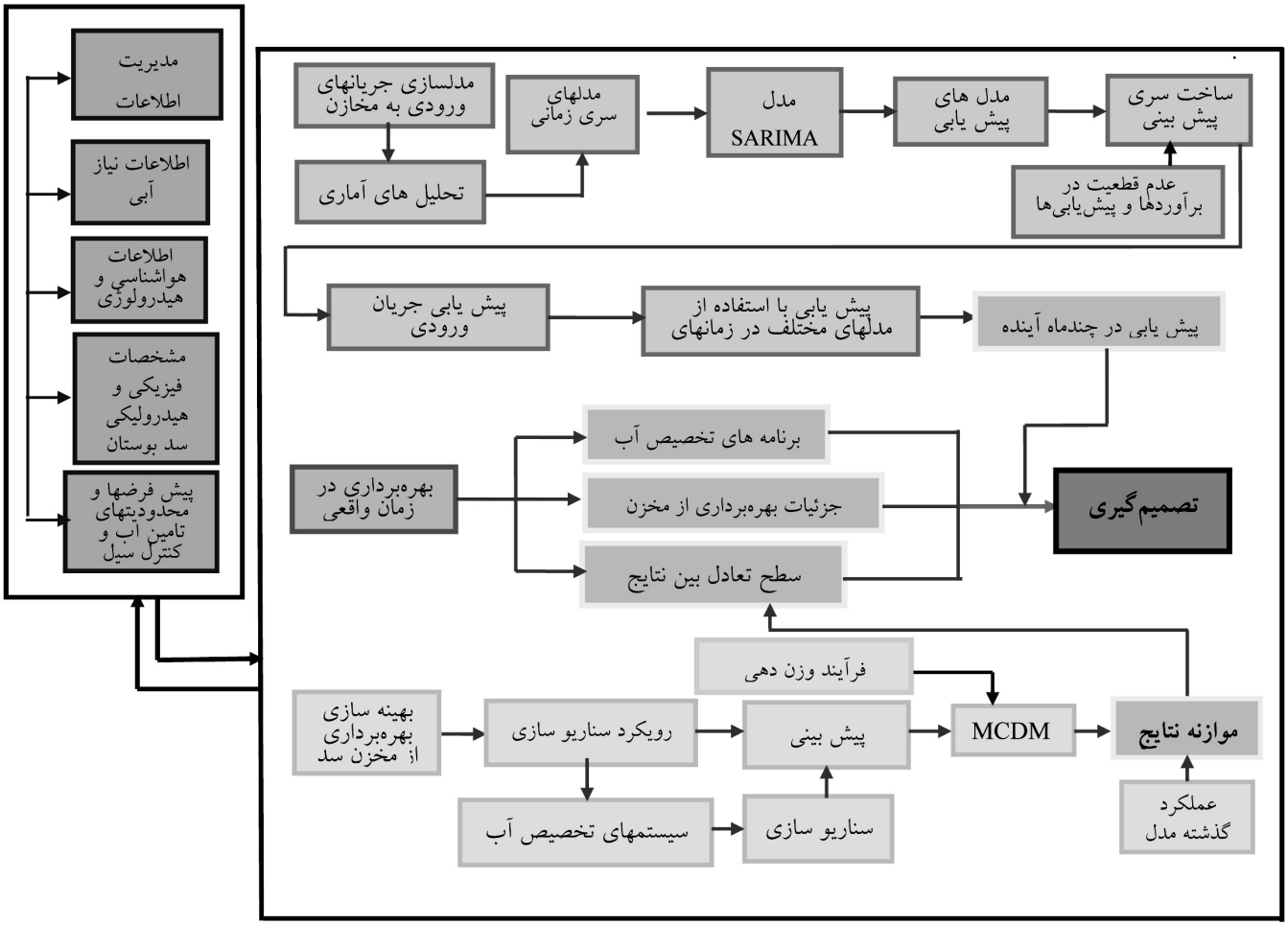
به طور کلی مراحل پژوهش شامل جمع‌آوری اطلاعات آبی، مدل‌سازی و پیش‌یابی دبی‌های ماهانه آب، بررسی نحوه تخصیص آب حوزه و استفاده از آن، تعیین گزینه‌های تخصیص آب و تدوین سناریوهای مدیریتی، تعیین معیارها جهت ارزیابی سناریوها، وزن دهی به معیارها و استفاده از روش TOPSIS[1] جهت اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی بوده است. در شکل(۲) به شرح این مراحل پرداخته شده است.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی آبخیز سد بوستان در ایران و استان گلستان

مدل‌سازی و پیش‌یابی مقادیر دبی ماهانه ایستگاه آب‌سنجی تمر با استفاده از مدل SARIMA[2]

در این پژوهش، نخست دبی‌های ماهانه ایستگاه آب‌سنجی تمر در دوره آماری ۱۳۴۷ الی ۱۳۸۴ 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



شکل۲- چارچوب نظام‌مند مدیریت مخزن سد بوستان

1 - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

2- Seasonal Auto Regressive Integrate Moving Average

پرت بودن داده‌ها صورت گرفت. پیش‌یابی داده‌های دبی جریان ماهانه در سال آبی ۸۸- ۱۳۸۷ با استفاده از مدل آماری SARIMA توسط نرم‌افزار Minitab14 و روش تکراری باکس- جنکینس[1] و در نهایت با انتخاب مدل (۳، ۱، ۱)(۱، ۰، ۱) صورت گرفت. سپس، میزان حجم جریان ماهانه ورودی به سد مخزنی بوستان با توجه به دبی‌های 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: ۱) کنترل و مدیریت سیلاب‌ها در یک ماه سیلابی، ۲) کنترل و مدیریت سیلاب‌ها در دو ماه سیلابی، ۳) کنترل و مدیریت سیلاب‌ها در سه ماه سیلابی، ۴) 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 می‌باشد. سطح مقطع بحرانی مقطعی است که دارای کم‌ترین سطح و به تبع آن کم‌ترین دبی عبوری است. در ضمن، مشخصه‌های هیدرولیکی محدوده پایین دست سد از نظر شیب، زبری و غیره تا حدودی یکسان بود و در نتیجه اثر آنها بر دبی عبوری یکسان تلقی گردید. پس از تعیین دبی بحرانی، دبی‌های بیشتر از دبی بحرانی به عنوان 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. آنگاه، با توجه به گزینه‌های مدیریتی و ماه‌های نیازمند کنترل سیل، ۱۶ سناریوی مدیریتی تدوین گردید (جدول ۱). 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.

۰ = فقط به مقدار نیاز آبی محیط زیست و آبزی‌پروری در این ماه، از مخزن سد رهاسازی گردد.

جدول ۱- 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
۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۱	۱	۱
۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۱	۱	۱	۱
۴	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۲	۱	۱
۵	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۲	۱
۶	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۲	۱	۱	۱	۱
۷	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۲	۱	۱
۸	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۱	۲	۱
۹	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۱	۲	۱	۱
۱۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۱	۱	۲	۱
۱۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۱
۱۲	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۲	۱	۲	۲	۱
۱۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۲	۱	۲	۱	۱
۱۴	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۲	۱	۱	۲	۱
۱۵	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۲	۲	۱
۱۶	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۲	۱	۲	۲	۱

1- Box -Jenkins

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

۲ = 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 گردید (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 معیارهای در نظر گرفته شده با نظرخواهی و پرسش از کارشناسان شرکت آب منطقه ای و بخش مدیریت سدهای مخزنی و اساتید و متخصصین دانشگاه و با بررسی شرایط حاکم بر منطقه و نیز بررسی و پژوهش از منابع و مقالات داخلی و خارجی تعیین گردیدند. این معیارها شامل:

۱- میانگین حجم خالی مخزن در ماه‌های سیلابی (معیار ۱):

این معیار با توجه به مقادیر دبی ماهانه پیش بینی شده ورودی به مخزن سد و میزان نیاز آبی پایین دست و نیز گزینه های در نظر گرفته شده در هر سناریو (جدول ۱) محاسبه گردید. بدین ترتیب که پس از اعمال گزینه های در نظر گرفته شده در هر سناریو، میزان حجم خالی مخزن در چهار ماه سیلابی مشخص گردید و میانگین حجم خالی در این چهار ماه در نظر گرفته شد.

۲- میزان آب ذخیره شده در پایان یک سال آبی (معیار ۲):

این معیار با محاسبه میزان آب ذخیره شده در مخزن در پایان یک سال آبی (شهریورماه)، پس از اعمال گزینه های در نظر گرفته شده در هر سناریو (جدول ۱)، محاسبه گردید.

۳- خطر احتمال وقوع طغیان رودخانه در پایاب سد در هنگام وقوع سیل (معیار ۳):

بدین منظور پس از تعیین میانگین حجم خالی مخزن در ماه‌های سیلابی در کلیه سناریوها، این حجم معادل حجم سیلاب قابل کنترل توسط مخزن سد، در هنگام وقوع سیل، در نظر گرفته شد. به طوری که هرچه حجم خالی مخزن کم‌تر باشد سیلاب‌هایی با دوره بازگشت کوچک‌تر قابل کنترل می‌باشد و در نتیجه خطر احتمال وقوع طغیان‌ها در پایین‌دست بیشتر می گردد. بدین جهت ابتدا یک آبنمود کامل که دارای دبی اوج، زمان تا اوج زمان پایه و نیز بی‌پایه مشخص بود از بین چندین آبنمود در ایستگاه تمر (ایستگاه شاخص اندازه‌گیری مقادیر دبی ورودی به مخزن سد) انتخاب گردید. سپس زمان پایه آبنمود مذکور، به عنوان زمان پایه جهت محاسبه دبی اوج سیل معادل حجم سیل قابل کنترل، توسط هر سناریو انتخاب گردید. پس از محاسبه دبی اوج سیل، با انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SMADA، دوره بازگشت و احتمال وقوع سیل‌های مربوط به هر سناریو تعیین شد. در نهایت میزان خطر احتمال طغیان سیل با توجه به احتمال وقوع سیل در سناریوهای مختلف تعیین گردید.

۴- میزان دبی سیل خروجی از مخزن (معیار ۴):

از آن جایی که بخشی از حجم مخزن در ماه‌های سیلابی در سناریوهای مختلف خالی می باشد، در هنگام وقوع سیل، بخشی از سیل که معادل حجم خالی مخزن می باشد، در مخزن ذخیره می گردد. پس از پر شدن مخزن، حجم مازاد سیل پس از تسکین سیل توسط مخزن و کاهش حجم و دبی حداکثر آن، خارج می گردد. بدین جهت ابتدا حجم سیل با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله به عنوان حجم شاخص برای کلیه سناریوها در نظر گرفته شد. این بدین دلیل می باشد که حجم خالی مخزن در کلیه سناریوها (معادل حجم سیل قابل کنترل) کم تر از حجم سیل با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله می باشد. به عبارت دیگر حجم خالی مخزن در سناریوهای مختلف در محدوده حجم سیلاب‌های با دوره بازگشت ۱۰۰ تا ۳۰۰ ساله می باشد. لذا می توان حجم مازاد سیل در هر سناریو را، با در نظر گرفتن حجم سیل ۵۰۰ ساله، به عنوان سیل شاخص ورودی به مخزن، محاسبه نمود. بدین منظور، با کم کردن حجم سیل قابل کنترل توسط مخزن از سیل شاخص، حجم سیل مازاد در هر سناریو مشخص گردید. سپس حجم سیل مازاد در کلیه سناریوها با روش پالس روندیابی گردید و دبی سیل خروجی از مخزن محاسبه شد.

۵- خطر شکست سد در هنگام وقوع سیل (معیار ۵):

این معیار با در نظر گرفتن اختلاف حجم مخزن در تراز تاج سرریز (۵۴ میلیون مترمکعب) و تراز آب در حالت وقوع PMF[1] (۶۸ میلیون متر مکعب) و تعیین کلاس‌های خطر بین این دو حجم، محاسبه گردید. بدین ترتیب، کلاس‌های خطر با تغییرات سطح آب بین دو تراز مذکور و نیز بالاتر از تراز PMF و پایین‌تر از تراز تاج سرریز، مشخص گردید. سپس با توجه به کلاس‌های تعیین شده مقادیر این معیار محاسبه گردید(جدول ۲).

جدول۲- مقادیر معیار ۵ در کلاس های خطر مختلف

حجم آب ذخیره شده بین تراز سرریز و تراز PMF (میلیون مترمکعب)	۲۰ >	۲۰-۲۶	۲۶-۳۰	۳۰-۳۵	۳۵ <
کلاس خطر	خیلی کم	کم	زیاد	خیلی زیاد	حتمی
مقدار عددی	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۹

1 - Probable Maximum Flood

تعیین ماتریس تصمیم سناریوها

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

$$R=(r_{ij})_{m\times n} \qquad \text{(معادله ۱)}$$

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.

وزن‌دهی به معیارها به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1]

پس از محاسبه معیارهای ۱۶ سناریوی تدوین شده، این معیارها به منظور اولویت بندی سناریوها وزن دهی گردیدند. در وزن دهی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. در این روش، نخست ماتریس های مقایسه های زوجی توسط پنج متخصص در زمینه مدیریت منابع آب (اساتید و متخصصین دانشگاه و کارشناسان و پژوهشگران شرکت آب منطقه‌ای و آبخیزداری) مشخص شد. سپس، ماتریس های مقایسه های زوجی معیارها با توجه به جدول ۳ تعیین گردید. پس از تلفیق ماتریس های به دست آمده وزن معیارها محاسبه گردید.

محاسبه ماتریس تصمیم وزن‌دهی شده

پس از محاسبه وزن معیارها، ماتریس تصمیم وزن‌دهی شده از حاصل ضرب وزن معیارها در مقادیر معیارهای ماتریس تصمیم به کمک معادله شماره ۲ تعیین گردید.

$$U_{IJ}=W_i\times V_{ij} \qquad \text{(معادله ۲)}$$

که 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 وزن دهی می باشد.

جدول ۳- مقادیر عبارات زبانی توابع عضویت کلاسهای AHP

کلاس	مقادیر زبانی	مقدار عددی
۱	ارجحیت یا اهمیت یکسان	(۱)
۲	ارجحیت کم یا کمی مهمتر	(۱)
۳	ارجحیت یا اهمیت قوی	(۳)
۴	ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی	(۷)
۵	کاملا ارجح یا کاملا مهمتر	(۹)

1 - Analytic Hierarchy Process

موازنه و اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت منابع آب سطحی

به منظور اولویت بندی سناریوها از روش اولویت بندی TOPSIS استفاده شد. برای این کار با تعیین راه حل ایده‌آل و عکس ایده‌آل (معادله های ۴ و ۵)، میزان فاصله از راه حل ایده‌آل و عکس ایده‌آل سناریوها به ترتیب توسط معادله های ۶ و ۷ محاسبه شد. سپس، میزان نزدیکی نسبی سناریوها به راه حل ایده‌آل (cl_{i+}) به کمک معادله ۸ تعیین گردید. در نهایت با توجه به میزان نزدیکی نسبی به راه حل ایده‌آل، سناریوها اولویت بندی گردیدند. در این روش سناریویی در اولویت قرار می گیرد که دارای بیشترین نزدیکی نسبی به راه حل ایده‌آل است.

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

$$=\{V_1^+,V_2^+,...,j_i^+,...,V_n^+\} \qquad (۴)$$

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

$$=\{V_1^-,V_2^-,...,j_i^-,...,V_n^-\} \qquad (۵)$$

به طوری که در آن

J= {j= 1, 2, 3,...,nl های مربوط به سود j}

J'= {j= 1, 2, 3,...,nl های مربوط به هزینه j}

$$d_{i+}=\{\sum_{i=1}^{n}(U_{ij}-V^+_j)^2\}^{.5},\ i=1,2,3,...,m \qquad (۶)$$

$$d_{i-}=\{\sum_{i=1}^{n}(U_{ij}-V^+_j)^2\}^{.5},\ i=1,2,3,...,m \qquad (۷)$$

در دو معادله ۶ و۷ U_{ij} مقادیر ماتریس تصمیم وزن‌دهی شده، U^+_J و U^- به ترتیب مقدار ایده‌آل و عکس ایده‌آل معیارها در کلیه سناریوها می باشند.

$$cl_{i+}=\frac{d_{i-}}{(d_{i+}+d_{i-})}\quad 0\le cl_{i+}\le 1;\ i=1,2,3,...,m \qquad (۸)$$

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

نتایج

جدول (۴) نتایج مربوط به مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل SARIMA را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می گردد مقادیر دبی ماهانه و حجم ورودی به مخزن در سال ۸۸-۱۳۸۷ تعیین شده است

نتایج ماتریس تصمیم حاصل از محاسبه پنج معیار تعیین شده در ۱۶ سناریوی مدیریتی در جدول۵ آورده شده است. جدول ۶ نیز مقادیر استاندارد شده معیارها در سناریوهای مختلف را نشان می دهد.

نتایج حاصل از تعیین وزن معیارها در جدول ۷ آمده است. با توجه به این مقادیر، معیار ۱ بیشترین وزن و معیار ۳ کم ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. پس از تعیین وزن معیارها، ماتریس تصمیم

جدول۴- مقادیر دبی و حجم آب ماهانه پیش‌یابی شده توسط مدل SARIMA در ایستگاه تمر در سال آبی ۸۸-۸۷

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
دبی (CMS)	۱/۶۸	۱/۶۵	۱/۲۱	۱/۲۱	۱/۶۵	۱/۸۴	۵/۸۳	۵/۷۷	۱/۰۵	۰/۴۴	۵/۷۳	۱/۷۱
حجم (mm^3)	۴/۳۶	۴/۲۷	۳/۱۴	۳/۱۲	۴/۲۸	۴/۶۰	۱۵/۶۲	۱۵/۴۶	۲/۸۱	۱/۱۸	۱۵/۳۵	۴/۵۹

جدول ۵- ماتریس تصمیم سناریوهای تدوین شده

معیار / سناریو	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	معیار ۵
۱	۳۶/۵۷۰	۱۴/۰۱۷	۱۴۷	۷۸۳/۵	خیلی کم
۲	۴۷/۱۸۰	۳/۴۰۸	۲۶۰	۴۶۸/۵	خیلی کم
۳	۴۴/۹۸۵	۲/۷۹۸	۲۳۳	۶۰۷/۳۶	خیلی کم
۴	۴۰/۱۸۵	۶/۷۸۸	۱۸۲	۶۲۳/۶۷	خیلی کم
۵	۳۹/۲۹۸	۳/۱۰۶	۱۷۲	۶۲۳/۴۰	خیلی کم
۶	۴۷/۶۳۷	۲/۷۹۸	۲۶۷	۴۶۶/۹۹	خیلی کم
۷	۴۵/۴۹۰	۶/۷۸۸	۲۳۸	۴۷۳/۶۰	خیلی کم
۸	۴۷/۲۵۵	۳/۱۰۶	۲۶۱	۴۶۸/۲۱	خیلی کم
۹	۴۴/۹۸۵	۲/۷۹۸	۲۳۳	۶۰۷/۳۶	خیلی کم
۱۰	۴۴/۹۸۵	۲/۷۹۸	۲۳۳	۶۰۷/۳۶	خیلی کم
۱۱	۴۱/۱۰۵	۳/۱۰۶	۱۸۹	۷۷۹/۷۰	خیلی کم
۱۲	۴۴/۹۸۵	۲/۷۹۸	۲۳۳	۶۰۷/۳۶	خیلی کم
۱۳	۴۷/۶۳۷	۲/۷۹۸	۲۶۷	۴۶۶/۹۹	خیلی کم
۱۴	۴۷/۶۳۷	۲/۷۹۸	۲۶۷	۴۶۶/۹۹	خیلی کم
۱۵	۴۷/۲۵۵	۳/۱۰۶	۲۶۱	۴۶۸/۲۱	خیلی کم
۱۶	۴۷/۶۳۷	۲/۷۹۸	۲۶۷	۴۶۶/۹۹	خیلی کم

جدول ۶- مقادیر استاندارد شده معیارها

معیار / سناریو	معیار۱	معیار۲	معیار۳	معیار۴
۱	۰/۰۴۸	۰/۹۲۴	۰/۹۹۲	۰/۹۹۹
۲	۰/۹۳۲	۰/۱۰۸	۰/۰۶۶	۰/۰۰۸
۳	۰/۷۴۹	۰/۰۶۱	۰/۲۸۷	۰/۴۴۵
۴	۰/۳۴۹	۰/۳۶۸	۰/۷۰۵	۰/۴۹۶
۵	۰/۲۷۵	۰/۰۸۵	۰/۷۸۷	۰/۴۹۵
۶	۰/۹۷۰	۰/۰۶۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳
۷	۰/۷۹۱	۰/۳۶۸	۰/۲۴۶	۰/۰۲۴
۸	۰/۹۳۸	۰/۰۸۵	۰/۰۵۷	۰/۰۰۷
۹	۰/۷۴۹	۰/۰۶۱	۰/۲۸۷	۰/۴۴۵
۱۰	۰/۷۴۹	۰/۰۶۱	۰/۲۸۷	۰/۴۴۵
۱۱	۰/۴۲۶	۰/۰۸۵	۰/۶۴۷	۰/۹۸۷
۱۲	۰/۷۴۹	۰/۰۶۱	۰/۲۸۷	۰/۴۴۵
۱۳	۰/۹۷۰	۰/۰۶۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳
۱۴	۰/۹۷۰	۰/۰۶۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳
۱۵	۰/۹۳۸	۰/۰۸۵	۰/۰۵۷	۰/۰۰۷
۱۶	۰/۹۷۰	۰/۰۶۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳

وزن‌دهی شده محاسبه گردید. جدول (۸) نتایج محاسبه این ماتریس را نشان می‌دهد.

در پایان نتایج اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی در جدول (۹) 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 ایده‌آل (CL_{i+}) می‌باشد، در اولویت اول قرار گرفته است. همچنین سناریوی پنج که دارای بیشترین فاصله نسبت به راه حل ایده‌آل است، در اولویت آخر قرار گرفته است (جدول ۹ و شکل ۳).

جدول۷- مقادیر وزن نهایی معیارها

معیار	۱	۲	۳	۴	۵
وزن	۰/۳۳۴	۰/۲۵۶	۰/۱۲۷	۰/۱۳۲	۰/۱۵۱

بحث و نتیجه‌گیری

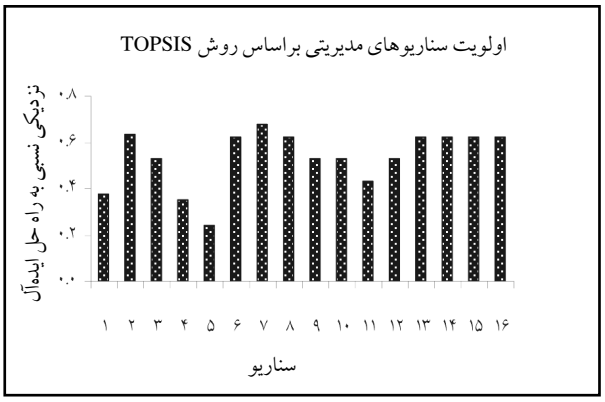
در مدیریت و برنامه‌ریزی برای سامانه‌های منابع آب و آبخیز، با توجه به وجود اجزاء متفاوت در سامانه و اثرات مختلف ناشی از اعمال شیوه‌های مدیریتی، همیشه لازم است که سامانه به صورت یکپارچه درنظر گرفته شود. با توجه به اهداف مختلف مدیریتی، نظیر

جدول ۸- مقادیر ماتریس تصمیم وزن‌دهی شده معیارها در سناریوهای مختلف

معیار / سناریو	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	معیار ۵
۱	۰/۰۱۶	۰/۲۳۷	۰/۱۲۵	۰/۱۳۲	۰/۱
۲	۰/۳۱۲	۰/۰۲۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۱
۳	۰/۲۴۹	۰/۰۱۶	۰/۰۳۷	۰/۰۵۹	۰/۱
۴	۰/۱۱۶	۰/۰۹۴	۰/۱۰۱	۰/۰۶۵	۰/۱
۵	۰/۰۹۲	۰/۰۲۱	۰/۱۰۰	۰/۰۶۵	۰/۱
۶	۰/۳۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰	۰/۱
۷	۰/۲۶۴	۰/۰۹۴	۰/۰۳۲	۰/۰۰۳	۰/۱
۸	۰/۳۱۴	۰/۰۲۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۱
۹	۰/۲۴۹	۰/۰۱۶	۰/۰۳۷	۰/۰۵۹	۰/۱
۱۰	۰/۲۴۹	۰/۰۱۶	۰/۰۳۷	۰/۰۵۹	۰/۱
۱۱	۰/۲۱۰	۰/۰۲۲	۰/۰۸۲	۰/۱۳۰	۰/۱
۱۲	۰/۲۴۹	۰/۰۱۶	۰/۰۳۷	۰/۰۵۹	۰/۱
۱۳	۰/۳۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰	۰/۱
۱۴	۰/۳۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۱
۱۵	۰/۳۱۴	۰/۰۲۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۱
۱۶	۰/۳۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰	۰/۱

جدول ۹- میزان نزدیکی نسبی سناریوها به راه حل ایده‌آل

سناریو	cl_{i+}	اولویت	سناریو	cl_{i+}	اولویت
۱	۰/۳۷۸	۸	۹	۰/۵۳۱	۵
۲	۰/۶۳۲	۲	۱۰	۰/۵۳۱	۵
۳	۰/۵۳۱	۵	۱۱	۰/۴۲۹	۷
۴	۰/۳۵۰	۶	۱۲	۰/۵۳۱	۵
۵	۰/۲۳۷	۹	۱۳	۰/۶۲۲	۴
۶	۰/۶۲۲	۴	۱۴	۰/۶۲۲	۴
۷	۰/۶۷۸	۱	۱۵	۰/۶۲۴	۳
۸	۰/۶۲۴	۳	۱۶	۰/۶۲۲	۴



شکل ۳- نمودار میزان نزدیکی نسبی سناریوها به راه حل ایده‌آل

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.

در مطالعه 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، ۱۶ 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 سیل ارزیابی نمود.

نتایج این پژوهش بیانگر این موضوع است که 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 می نماید. همچنین فنون تصمیم گیری چند معیاره، معیارهای تعیین‌شده جهت رسیدن به اهداف در نظر گرفته شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. همچنین تدوین سناریوهای مدیریتی یکی از راه‌کارهای مناسب مدیریت منابع آب سطحی با توجه به حالت‌های 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.

با توجه به نتایج حاصل از انجام این پژوهش و در نهایت اولویت‌بندی سناریوها، ملاحظه می گردد که سناریوی هفت اولویت نخست و سناریوی پنج اولویت آخر را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۹ و شکل۳). بدین ترتیب، سناریوی هفت به عنوان سناریوی برتر جهت نیل به هدف در نظر گرفته شده (مدیریت منابع آب سطحی آبخیز سدبوستان) 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 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 می‌باشد. به عبارت دیگر، سناریویی که در اولویت قرار می گیرد ممکن است دارای کم‌ترین فاصله از راه حل ایده‌آل و یا

دارای بیشترین فاصله از راه حل عکس ایده آل 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 ویژگی اولویت‌بندی به روش TOPSIS است. این نتایج با نتایج حسی و همکاران [۱۵] و فو[۱۲] در یک راستا می‌باشد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که مدیریت منابع آب سطحی تحت تاثیر گزینه‌های مختلفی است که خود نیاز به تدوین و تنظیم سناریوهای مختلف مدیریتی را در شرایط متنوع ایجاد نموده است (۱۶ سناریوی مدیریتی). بنابراین، می‌باید شرایطی را فراهم آورد تا امکان بررسی سناریوهای مختلف به کمک معیارهای تعیین شده، با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در این منابع مهیا گردد.

انجام این پژوهش و نتایج آن مبین این امر می‌باشند که مدیریت آب‌های سطحی متاثر از شرایط مختلف و کارکردها و اقدام‌های مدیریتی متنوع است. لذا، لازم است گزینه‌ها، سناریوها و معیارهای مختلف مدیریتی تدوین و بررسی گردند. پژوهش‌های ابریشم چی و همکاران[۱]، رضوی طوسی و همکاران[۴]، چونتین [۱۱] و فو [۱۲]، نیز بر اساس تدوین گزینه‌ها و سناریوهای مختلف و بررسی اثرات آنها انجام شده‌اند. لذا بدون توجه به این مباحث، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی با ارزش بسیار سخت و دشوار خواهد گردید.

نتایج این پژوهش نشان داد که تصمیم‌گیری چند معیاره 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 می‌باشد. در ضمن روش مورد بررسی در این پژوهش یک فرآیند پویاست و می‌توان با استفاده از آن و در نظر گرفتن یکپارچه سامانه، به ارائه برنامه‌های مدیریتی در زمان واقعی[1] پرداخت. این روش می‌تواند 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 اولویت‌بندی گردند. لذا، روش مورد بررسی توانایی ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب (سناریوهای برتر مدیریتی) را هر ساله برای مقیاس ماهانه دارا می‌باشد. همچنین به کاربران و بهره‌بردارن سدها توصیه می‌شود که جهت مدیریت سدهای مخزنی چند دیدگاه و هدف مدیریتی مهم را در اولویت قرار داده و سایر دیدگاه‌ها و اهداف را در راستای آنها قرار دهیم. چرا که در نظر گرفتن دیدگاه‌های مختلف خود فرآیند مدیریتی را با مشکل مواجهه می‌کند، و اهداف کم اهمیت‌تر می‌بایست جزئی از اهداف اصلی باشند تا تنوع اهداف مدیریتی به حداقل برسد و در عین حال بهترین نوع مدیریت با توجه به شرایط منطقه ارائه گردد. همچنین معیارها و شاخص‌های اصلی که تاثیر مستقیم بر اهداف مدیریتی دارند، در نظر گرفته شود. علاوه بر آن راهکارهای مدیریتی ارائه شده تلفیقی از نظرات کارشناسان با تجربه و نیز مدل‌های علمی بکار گرفته شده با توجه به شرایط منطقه باشد که خود میزان خطای موجود در برنامه‌های مدیریتی را به حداقل ممکن می‌رساند. همچنین برنامه‌های ارائه شده هرساله بررسی و با توجه به شرایط جدید ارائه گردند که این یکی از بارزترین خصوصیات مدل مورد بررسی در این پژوهش می‌باشد.

1 - Real Time

منابع

۱- امینی فسخودی، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل‌های تصمیم‌گیری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی اولویت‌بندی فازی گروهی، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، ۲۰: ۱ ص ۲۳۰-۲۱۱.

۲- برهانی داریان، ع. و افتخار جوادی، ا. ۱۳۸۴. نقش عدم قطعیت پیش‌بینی جریان ورودی در بهره‌برداری بهینه از مخازن، دوفصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات منابع آب، سال اول، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۴، ص ۱۶-۱.

۳- رضوی طوسی، ل.، محمدولی سامانی، ج. و کوره پزان دزفولی، ا. ۱۳۸۶. اولویت‌بندی پروژه‌های انتقال آب بین حوزه‌ای با استفاده از روش تصمیم‌گیری فازی چند شاخصه‌ای گروهی فازی، دو فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات منابع آب ایران، ۲: ۳، ص ۹-۱.

۴- سعدالدین، ا.، هلیلی، م.، مصطفی‌زاده، ر. و رضوی، ا. ۱۳۸۶. تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت یکپارچه آبخیز، سی‌دی چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری با محوریت مدیریت حوزه آبخیز، ۱ و ۲ اسفند ماه، دانشگاه تهران.

۵- فرازجو، ح. ۱۳۸۲. بررسی اثر تغییر پوشش گیاهی بر هیدروگراف سیل حوزه آبخیز سد گلستان با استفاده از GIS و مدل HEC-HMS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده شیلات و محیط زیست و مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۶- قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۵. فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک ایران).

۷- کارآموز، م. ۱۳۸۴. 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.

۸- مهندسین مشاور تهران برکلی. ۱۳۸۴. گزارش پیشرفت کار ماهیانه (آبان ماه) سد گلستان دو.

۹- نوروزی، ب. و بارانی، غ. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر جریان‌های ورودی و نیازمندی‌های پایاب مخازن بر میزان بهینه جریانات حدفاصل سدها در سیستم‌های چند مخزنه، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده رود، سرفصل مدیریت کمی و کیفی منابع آب، ۱۴ و ۱۵ شهریور ماه، دانشگاه

شهرکرد، ص۱۵۶۴-۱۵۶۰، قابل دسترسی در وب سایت.

http://www. civilica. com. html/Paper-COWR01-COWR01_054.

10- Abrishamchi, A., Ebrahimain, A. Tajrishi, M. and Marion, M.A. 2005. Application multi criteria decision making to urban water supply, Jornal of Watwr resources Planning and Management, ASCE, 131(4), 326-335.

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

12- 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.

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

14- Karbowski, A., Malinowski, K., and Niewiadomska- Szynkiewicz, E. 2003. A hybrid analytic/rule-based approach to reservoir system managemeant during flood. J. Decision support systems. 38: 599- 610.

15- Hsieh, T. Y., Lu, B. S. T. and Tzeng, G. H. 2004. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. Int. J. Project Management. 22: 573-584.

16- 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. drology and Earth System Sciences. 6(4) : 753-762.

17- 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.

مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 4, No. 11, Summer 2010
سال چهارم - شماره ۱۱ - تابستان ۱۳۸۹

Abstract

Reservoir Operation Management Using Multicriteria Decision Making Methods in Bustan Dam-Golestan Province

A. Sadoddin[1], M.GH. Halili[2] and A. Mosaedi[3]

Considering the current trend of ever decreasing water resources and their associated qualitative and quantitative variations, managers are now facing the challenge of offering adaptable planning and allocation decision methods for integrated watershed management. This study focuses on the understanding of the trade-offs among the various outcomes of allocation decisions for Boostan Dam reservoir on the Gorgan-Rud River in Golestan Province of Iran. Control of water level in the reservoir such that enough water is available during dry months to satisfy different needs of the downstream as well as the capability of dam to mitigate floods considered as the objectives of the study. The recorded flow data suggested that there are four months with high likelihood of flooding events. Sixteen mutually exclusive scenarios were developed to accommodate different and competing water demands of water users in the area. The monthly river flow discharge for one Iranian water-year started from October 2007 were forecasted by a Seasonal Auto Regressive Integrating Moving Average (SARIMA) model. The water allocation analysis was conducted on the basis of the forecasted monthly flow data. To quantify the effects of implementing the scenarios, five indices were selected and quantified. The indices included water storage capacity during flood-prone months, stored water volume at the end of the water-year, the likelihood of overflowing, outflow discharge simulated by a flood routing technique and the risk of dam collapse because of floods. The multi-criteria decision making technique was used to trade-off the outcomes and therefore to identify the best allocation scenario. To weight the indices, the process of expert knowledge elicitation was completed using AHP (Analytical Hierarchy Process) technique. The TOPSIS (Technique Ordered Preference by Similarity to the Ideal Solution) model was used to identify the best scenario among the 16 allocation scenarios. The results show that the scenarios can be categorised in nine different groups among them scenario 7 has been identified as the best allocation scenario followed by scenario1. Scenario7 is characterised by emphasis on flood control objective for the flood-prone months (May and August) as well as water supply to meet the water demands of the downstream. The integrating approach implemented in this study is capable of assisting the decision makers and dam operators to understand and investigate the possible allocation scenarios, and to recognise the likely outcomes and the trade-offs among them. Thus, the approach supports the decision makers to achieve their objectives capturing different criteria associated with the allocation problems.

Keywords: Optimised Water Allocation, Multi-Criteria Decision Making, AHP, SARIMA Model and Boostan Dam.

1- Assistant Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, amir. Sadoddin@gmail.com
2- M.SC. student in watershed Management of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad