دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی اثر نیاز زیست‌محیطی در طراحی و بهره‌برداری از مخزن با الگوریتم‌های شبیه‌ساز

نجمه آخوندی[۱]، مه‌نوش مقدسی[۲،۳] و صدیقه انوری[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه اراک
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک، (نویسنده مسوول: mah_moghaddasi@hotmail.com)
۳- پژوهشکده علوم و مهندسی آب دانشگاه اراک
۴- استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸
صفحه: ۳۰ تا ۳۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی جهت بهره‌برداری مناسب از مخازن آب سطحی به یکی از چالش‌های بسیار جدی در اکثر نقاط جهان تبدیل شده است. هدف تحقیق حاضر، بررسی روش‌های BA، SPA و MSPA در طراحی و شبیه سازی رفتار مخزن می باشد

مواد و روش‌ها: بدین منظور با بکارگیری آمار هیدرومتری بالادست سد زرینه‌رود و الگوریتم‌های شبیه‌ساز SPA و BA حجم مخزن در حالت اعتمادپذیری ۱۰۰٪ برای دو سناریوی متفاوت از تقاضای پایین‌دست، طراحی شده است. سناریوی اول تقاضاهای شرب وکشاورزی (دوگانه) و سناریوی دوم تقاضاهای شرب، کشاورزی و زیست محیطی (سه‌گانه) را شامل می‌شود. از آنجا که تحقق اعتمادپذیری ۱۰۰٪ همواره توجیه‌پذیر نیست، در ادامه به منظور اعمال همزمان دو شاخص اعتمادپذیری و آسیب‌پذیری در طراحی مخزن از روش SPA اصلاح شده (MSPA) و اولین سناریوی تقاضا استفاده گردید. در این راستا با ملاحظه اعتمادپذیری ۹۸٪ و سه سطح از آسیب‌پذیری، مدل‌ها MSPA-۱ (۱۰٪ آسیب‌پذیری)، MSPA-۲ (۲۰٪ آسیب‌پذیری) و MSPA-۳ (۳۰٪ آسیب‌پذیری) برای طراحی حجم مخزن در نظر گرفته شد. در نهایت برای ارزیابی عملکرد مخزن در مرحله بهره‌برداری، از قواعد بهره‌برداری BRC و SOP و نیز شاخص‌های عملکرد مخرن استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج طراحی با دو روش SPA و BA نشان داد حجم مخزن در حالت سه‌گانه نسبت به حالت دوگانه حدود ۴ برابر افزایش یافته است، در نتیجه اعمال سناریوی دوگانه در طراحی از منظر اقتصادی، توجیه‌پذیری بیشتری خواهد داشت. استفاده از روش‌های MSPA-۱ و MSPA-۳ نسبت به SPA در مرحله طراحی به ترتیب حجم مخزن را به میزان ۱۱ و ۲۵ درصد کاهش داده است.

نتیجه‌گیری: نتایج شاخص‌های عملکرد مخزن نشان داد که در روش SOP نسبت به روش BRC برای هر سه روش طراحی افزایش یافته است، در روش MSPA بین حالت اول و سوم شاخص‌های عملکرد مخزن کاهش و بین حالت دوم و سوم تغییر چندانی وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های شبیه‌ساز، سد زرینه‌رود، شاخص‌های عملکرد مخزن، طراحی مخزن، BA، MSPA، SPA

مقدمه

در بسیاری از کشورها، منابع آب سطحی شامل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن سدها نقش کلیدی در تامین آب دارا می‌باشند. اهمیت این موضوع برای مناطقی که دارای بارش و در نتیجه رواناب‌های فصلی هستند بارزتر است، به‌دلیل اینکه در این مناطق مخازن سدها بایستی به نحوی طراحی شوند که بتوانند رواناب‌های اضافی در فصولی با نیاز آبی کمتر را برای دوره‌های خشک یا فاقد بارش ذخیره کنند و برای تامین نیازهای آبی، رهاسازی مناسب داشته باشند (۱۲،۱۰). سدهای مخزنی به منظور کنترل، تنظیم جریان رودخانه‌ها و تامین تقاضاهای مختلف در سطح معینی از شاخص‌های عملکرد احداث می‌شوند (۱۱،۲۱،۲۳،۲۹). لذا لازم است اندازه ظرفیت مخزن سد با فاکتورهایی از قبیل جریان ورودی به آن، نیازهای پایین دست و نیز سطح رضایت‌بخش عملکرد مخزن که ارتباطی تنگاتنگ داشته، تعیین گردد (۲). در این زمینه تحقیقات متعددی انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد. مک‌ماهان و همکاران (۲۴) عملکرد مدل تجربی را برای برآورد حجم ذخیره آب سطحی مورد نیاز در ۷۲۹ رودخانه از نقاط مختلف دنیا را با سه مدل شبیه‌ساز کمبود مورد انتظار، آنالیز رفتاری و SPA مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند. به این منظور رابطه ذخیره-آبدهی-اعتمادپذیری به ازای داده‌های جریان سالیانه رودخانه‌ها توسعه و استخراج شده است. نتایج نشان داد که مدل تجربی برای طراحی مقدماتی منابع آب و تعیین حجم ذخیره مورد نیاز اولیه یا تقریبی در رودخانه‌های فاقد آمار و اطلاعات عملکرد قابل قبول یا مناسبی دارد. ساکت اسکویی و منتصری (۲۷) ابتدا با استفاده از روش مونت‌کارلو داده‌های مصنوعی جریان ورودی به مخازن مهاباد، تازلوچای و لتیان را تولید نمودند. در ادامه با کمک داده‌های نامبرده و روش SPA[1] اصلاح شده (MSPA) و برای مقادیر مختلفی از تقاضا (۲۰ تا ۸۰ درصد)، قابلیت اعتماد زمانی (۹۰ تا ۱۰۰درصد) و آسیب‌پذیری (۵ تا ۳۰ درصد) حجم مفید مخزن برآورد شده است. نتایج نشان داد رابطه بدست آمده برای پیش‌بینی حجم مفید مخازن با ضریب تغییرات جریان سالیانه بین ۲۹ تا ۶۰ درصد و با دانستن میانگین جریان سالیانه، قابلیت اعتماد و آسیب‌پذیری، جایگزین مناسبی برای محاسبات طولانی برآورد حجم می‌باشد. در تحقیق دیگری بیگلی (۹) جهت ارائه منحنی فرمان سد ماکو، ابتدا مخزن را با استفاده از روش MSPA با درصد تقاضاهای مختلف از متوسط جریان سالیانه رودخانه طراحی و حجم مخزن را برآورد نمود. سپس با استفاده از مدل GA[2] بهره‌برداری بهینه از مخزن تهیه گردید. در ادامه برای بررسی اثر تغییر اقلیم از مدل HADCM3 برای دوره آینده نزدیک نیز استفاده شده است. نتایج نشان داد مقادیر رهاسازی دو روش در شرایط تاریخی و تغییراقلیم با هم مشابه بوده اما مدل

1- Sequent Peak Algorithm
2- Genetic Algorithm

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

GA مقادیر بیشتری نسبت به SPA را برآورد می‌کند. همچنین مقادیر تابع هدف نشان داد مدل GA در تقاضاهای بزرگتر بهتر از SPA عمل می‌نماید. سوندهاراجان و همکاران (۲۹) در تحقیق خود تغییرات عملکرد مخزن پونگ هند را با استفاده از روش SPA اصلاح شده (MSPA) تحت تاثیر تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند. آنها ابتدا جریان ورودی به مخزن را با مدل بارش-رواناب HYSIM شبیه‌سازی نمودند. سپس با استفاده از الگوریتم شبیه‌ساز MSPA و بهینه‌ساز GA حد بالا و پایین منحنی فرمان سد تعیین گردید. نتایج نشان داد ظرفیت مخزن در آینده با ضریب تغییرات حدود ۰/۳ خشک‌تر کمترخواهد شد. شاخص آسیب‌پذیری بیشترین ضریب تغییرات تا ۰/۵ در حالیکه اطمینان‌پذیری کمترین تغییرات را نشان داد. در تحقیق دیگری عادلوی و همکاران (۳) با استفاده از الگوریتم SPA مخزن پونگ هند را طراحی و بر اساس آن حد بالا و پائین منحنی فرمان بدست آمده است. سپس اثر منحنی فرمان با قوانین محدود کننده[1] بر شاخص‌های عملکرد مخزن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد شاخص آسیب پذیری از ۶۱ به ۲۰ درصد کاهش یافته است. عادلوی و دو (۴) عملکرد مخزن پونگ هند در سازگاری با تغییر اقلیم تحت سیاست‌های بهره‌برداری با قوانین محدود کننده ثابت و متغیر در سال را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد قوانین محدودکننده ثابت در کاهش آسیب‌پذیری (بیشتر از ۶۰ درصد را به کمتر از ۲۵درصد) در صورتیکه اعتمادپذیری حجمی را ثابت نگه می‌دارد، موثر می‌باشد. همچنین نتایج قوانین محدود کننده متغیر نشان داد که بهبود ناچیزی در مقادیر این شاخص‌ها وجود ایجاد می‌کند که نسبت به پیچیدگی آن، می‌توان گفت قوانین محدودکننده ثابت مناسبتر می باشد. در تحقیق دیگری عادلوی و همکاران (۵) اثر لحاظ تلفات تبخیر با توابع تجربی متفاوت سطح-حجم-ارتفاع بر تخمین سطح مخزن و طراحی آن با الگوریتم MSPA را در دو سد باهاکارا و پونگ هند بررسی کردند. بدین منظور از توابع مختلف خطی و غیرخطی برای برآورد سطح مخزن استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مدلهای خطی سطح مخزن را تا حدود ۱۱/۱۲ درصد کمتر و مدلهای غیرخطی بسیار ضعیف‌تر عمل کرده و سطح مخزن بسیاز زیادتر تخمین زده است. همچنین نتایج نشان داد برای جبران تلفات تبخیر، ۲۹درصد افزایش در ظرفیت مخزن لازم می‌باشد. ساکت اسکویی و عبدالله (۲۸) یک معادله رگرسیونی برای پیش‌بینی ذخیره مخزن بر اساس شاخص‌های عملکرد مخزن در حوضه Kelantan توسعه دادند. بدین منظور مخزن بر اساس ۱۰۰۰ توالی داده مصنوعی با همان طول داده‌های تاریخی و تقاضاهای مختلف و با استفاده از الگوریتم SPA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد ضریب تبیین R^2 معادله مذکور حدود ۰/۹۸ بدست آمده است. لذا این معادله برای تخمین ذخیره مخزن در مرحله طراحی می‌تواند مفید باشد. پراسانچوم و کانگرنگ (۲۵) الگوریتم ژنتیک (GA) را برای اتصال به یک مدل شبیه‌سازی مخزن برای به دست آوردن منحنی‌های فرمان در طول دوره ۲۰۱۴-۲۰۶۴ برای مخزن لمپائو واقع در شمال‌شرقی تایلند مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد که منحنی‌های جدید فرمان با استفاده از مدل شبیه‌سازی GA بهبود یافته و می‌توانند فرکانس شرایط کمبود آب را حتی با گسترش مناطق آبیاری کاهش دهند. احمدیان و منتصری (۷) برای اعمال شاخص‌های عملکرد مخزن در طراحی مخزن سد لار از سه گونه روش SPA اصلاح شده (SPA-I,SPA-II, SPA-III) استفاده نمودند. همچنین در روش‌های SPA-II, SPA-III امکان استفاده از رابطه غیرخطی یا رابطه واقعی سطح-حجم در برآورد حجم تلفات ناشی از تبخیر در سیستم ذخیره است. نتایج نشان داد که حجم مخزن تابعی از تلفات ناشی از تبخیر و ضرایب اعتماد زمانی و آسیب‌پذیری بوده و از یک رابطه نمائی به ازای تقاضا تبعیت می‌کند. کنترل دو شاخص عملکرد مخزن و استفاده از روابط غیرخطی سطح-حجم در طراحی از مزیت‌های اساسی این روش‌ها می‌باشند. صباغی و همکاران (۲۶) در تحقیقی از نرم‌افزار VENSIM برای ارزیابی عملکرد سیستم، پیش‌بینی روند تغییرات مصارف موجود در مخزن در حال حاضر و ارزیابی ورودی مورد نیاز بررسی و صحت سنجی شده است و شبیه‌سازی برای یک دوره ۱۴ ساله انجام گرفته است. به منظور اعتبارسنجی نتایج مدل، عملکرد محاسبه‌ای و مشاهده ای حجم مخزن مقایسه گردید. نتایج نشان داد دلیل عدم عملکرد مناسب سد عواملی چون مقدار ورودی به سد به دلیل احداث سد خاکی در بالادست مخزن می‌باشد. خادمی و همکاران (۱۷) بهره‌برداری از مخزن را با دو روش شبیه‌ساز، بهینه‌ساز و ترکیبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد الگوریتم ترکیبی SOP-SA شدت کمبودها را در دوره خشکسالی نسبت به روش شبیه‌ساز کاهش داده است. مرور تحقیقات گذشته نشان داد لحاظ تیاز زیست‌محیطی در طراحی و بهره‌برداری از مخازن به‌ندرت در نظر گرفته شده است. لذا در تحقیق حاضر هدف ارزیابی و مقایسه طراحی مخزن تحت دو سناریوی متفاوت تقاضای واقعی پائین دست (سناریوی اول تقاضاهای شرب و کشاورزی (دوگانه) و سناریوی دوم تقاضاهای شرب، کشاورزی و زیست‌محیطی (سه‌گانه) با استفاده از سه الگوریتم شبیه‌ساز SPA، BA و MSPA تحت دو روش بهره‌برداریBRC وSOP در حوضه آبریز زرینه‌رود می‌باشد.

مواد و روش‌ها

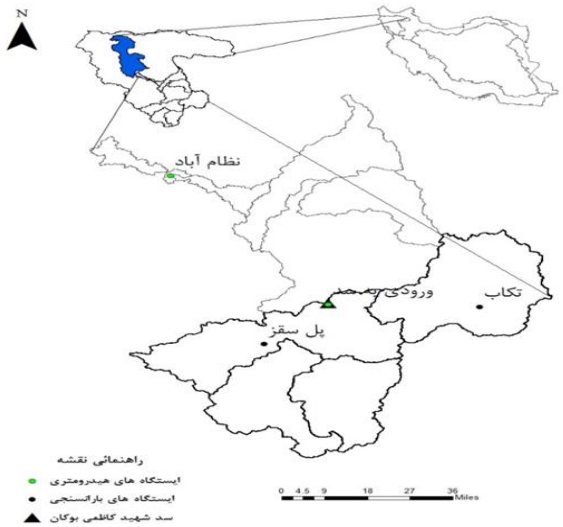
معرفی منطقه مطالعاتی و داده‌های مورد استفاده

در تحقیق حاضر حوزهٔ آبخیز زرینه‌رود با وسعتی بیش از ۱۲۰۰۰ کیلومتر مربع به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شده است. این منطقه در موقعیت '۴۷ °۴۵ تا '۲۰ °۴۷ طول جغرافیایی و '۴۱ °۳۵ تا '۲۷ °۳۷ عرض جغرافیایی قرار دارد. سرشاخه‌های این رودخانه از کوه‌های چهل چشمه کردستان و از مجاورت شاخه‌های اولیه قزل اوزن سرچشمه می‌گیرد و تقریبا موازی سیمینه‌رود در جهت عمومی شمال وارد دریاچه ارومیه می‌شود. این رود در طول مسیر خود با دریافت شاخه‌های متعدد در سد مخزنی زرینه‌رود (شهید کاظمی بوکان) به یکدیگر متصل شده است. این سد در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی بوکان قرار گرفته است (شکل ۱). حجم کل این سد بالغ بر ۷۶۲ میلیون متر مکعب بوده و حجم مفیدی برابر با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

۶۵۴ میلیون متر مکعب دارد. در راستای اهداف تحقیق از آمار ایستگاه هیدرومتری که در بالادست سد قرار دارد استفاده شده است. علاوه بر نیاز شرب، یکی از مهمترین اهداف احداث سد زرینه‌رود تامین نیازهای کشاورزی پایین دست سد می‌باشد. محصولات غالب منطقه یونجه، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، چغندرقند، جو و گندم هستند که تقویم زراعی آنها مطابق جدول ۱ می‌باشد.

لازم به ذکر است مقادیر نیاز کشاورزی پایین‌دست سد با توجه به محصولات (جدول۱)، از نتایج تحقیق احمدزاده و همکاران (۸) و مقادیر نیاز زیست محیطی از نتایج تحقیق عبدی و همکاران (۱) بدست امده است (جدول ۲).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی
Figure 1. Study Area

جدول ۱- تقویم محصولات زراعی پائین سد زرینه‌رود
Table 1. Calendar of crops downstream Zarienehrud Dam

	Sep.	Aug,	July	Jun.	May.	Apr.	Mar.	Feb.	Jan.	Dec.	Nov.	Oct.
یونجه (چین سوم)												
یونچه (چین دوم)												
یونجه (چین اول)												
گوجه فرنگی												
سیب زمینی												
چغندرقند												
جو												
گندم												

جدول ۲- نیاز کشاورزی، شرب و محیط زیست پائین دست سد زرینه‌رود
Table 2. Agricultural, drinking and environmental demands downstream Zarienehrud Dam

ماه (میلادی)	کشاورزی	شرب	محیط زیست	کل
1	۵/۶۱	۱۳/۷۱	۲۵/۱۴	۴۴/۴۶
2	۱۱/۳۱	۱۳/۷۱	۳۸/۱۰	۶۳/۱۲
3	۲۰/۷۸	۱۳/۷۱	۶۹/۷۲	۱۰۴/۲۱
4	۳۴/۵۸	۱۳/۷۱	۹۷/۲۰	۱۴۵/۴۹
5	۷۲/۹۵	۱۳/۷۱	۹۰/۲۰	۱۸۶/۸۶
6	۸۶/۶۴	۱۳/۷۱	۵۲/۸۰	۱۵۳/۱۴
7	۶۳/۴۶	۱۳/۷۱	۳۴/۲۱	۱۱۱/۳۸
8	۵۸/۹۹	۱۳/۷۱	۳۱/۸۰	۱۰۴/۵
9	۳۹/۴۳	۱۳/۷۱	۲۵/۴۹	۷۸/۶۳
10	۳۰/۵۸	۱۳/۷۱	۱۶/۰۷	۶۰/۳۶
11	۱۰/۷۳	۱۳/۷۱	۱۶/۸۴	۴۱/۲۹
12	۷/۰۴	۱۳/۷۱	۲۰/۸۳	۴۱/۵۶

روش تحقیق

طراحی و تحلیل مخزن

بطور کلی برای تحلیل مخزن در شرایط طراحی دو روش مجزا وجود دارد (۱۱). دسته اول روش‌های ماتریس احتمالات هستند که این روش مستقیما روند ذخیره‌سازی مخزن را مدل می‌کنند و دسته دوم روش‌هایی هستند که تحلیل مخزن در آنها بر اساس دوره بحرانی انجام می‌گیرد. روش‌های مبتنی بر دوره بحرانی به دو دسته شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تقسیم

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

می‌شوند (۳۱). اما آنچه سبب ارزیابی دقیق و اعمال مناسب تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در یک سیستم ذخیره می‌شود، شبیه‌سازی سیستم موردنظر است (۴،۱۴،۱۶،۱۷). در این روش از معادله توازن جرمی به دو صورت یکی براساس حجم مخزن و دیگری بر اساس کمبود در هر دوره استفاده می‌شود.

روش SPA

یکی از روش‌های معرف بر اساس کمبود، روش طراحی SPA است که بر اساس دوره بحرانی برای مخازن منفرد می‌باشد. در ابتدا این روش به‌عنوان راه‌حلی که به ترسیم منحنی جرمی جریان ورودی نیازی نباشد، پیشنهاد شد. در نتیجه تحلیل مخزن منفرد به صورت برنامه کامپیوتری قابل اجرا مقدور گردید. به همین دلیل روش SPA اغلب به‌عنوان مدل اتوماتیک شده روش نموداری ریپل نامیده می‌شود. روش SPA مزیت‌های دیگری نیز نسبت به روش نموداری ریپل دارد که شامل توانایی آن در به کار بردن الگوی فصلی و توانایی آن در فرض حالت اولیه مخزن می‌باشد. روش SPA اولیه یا ساده تحلیل را برای اعتمادپذیری ۱۰۰٪ انجام می‌دهد.

ظرفیت مفید مخزن با فرض این که مخزن در حالت اولیه کاملا پر است به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$k_{t+1} = \max\,(0, K_t + D_t - Q_t) \quad (۱)$$

$$K_a = \max\,(k_{t+1}) \quad (۲)$$

حداقل ظرفیت حجم مفید مخزن، K_{t+1},k_t :به ترتیب مقدار کمبود حجمی به وجود آمده در ابتدای و انتها دوره t،Q_t: مقدار حجمی جریان ورودی به مخزن در طول دوره t ،D_t: مقدار حجمی جریان مصرف شده از مخزن در طول دوره t، N: تعداد کل دوره‌های مورد استفاده می‌باشد. تحلیل مخزن با این فرض که در ابتدا مخزن به طور کامل پر است (یعنی k_0=0) شروع می‌شود و شبیه‌سازی برای کل دوره انجام می‌گیرد. در صورتی که مخزن در انتهای شبیه‌سازی پر نشده باشد، محاسبات در سیکل دومی یا دیگری انجام می‌گیرد. به طوری‌که در این مرحله مقدار کمبود در ابتدای تحلیل k_0مساوی مقدار کمبود در انتهای سیکل قبل فرض می‌شود. سپس حجم مفید محاسبه شده به صورت یک تقریب با K_a مشخص می‌شود. قابل ذکر است در این تحقیق برای طراحی مخزن و تعیین ظرفیت، از تلفات تبخیر و سایر تلفات ذخیره مخزن صرفنظر شده است.

روش MSPA[1]

تحلیل مخزن در روش SPA برای عملکرد بدون شکست می‌باشد به همین علت نمی تواند مقدار شاخص‌های عملکرد مورد نیاز برای زمانی که قابلیت اعتماد زمانی کمتر از ۱۰۰٪ مد نظر باشد، ارائه دهد. اولین مجموعه از اصلاحات توسط له له (۲۰) گزارش شد که SPA اصلاح شده توسط ایشان قابلیت مورد بررسی قراردادن هم تلفات و هم قابلیت اعتماد کمتر از ۱۰۰٪ را بطور کامل داشت. سپس منتصری در سال ۱۹۹۹ برای اعمال شاخص‌های عملکرد مخزن، SPA را اصلاح نمود. روش SPA اصلاح شده (MSPA) را میتوان برای بررسی کردن هر گونه قید موجود در میزان عرضه آب در طول دوره شکست بکار برد. دوره شکست در یک سیستم مخزن به این صورت که سیستم توانایی تامین تقاضا هدف را ندارد، بیان می شود. تعداد کل دوره های شکست ، f برای قابلیت اعتماد مشخص از رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$f = round\{T - (T * \delta)\} \quad (۳)$$

$$D_d = (1-\alpha)D_r \quad (۴)$$

که round به معنی گرد کردن به نزدیکترین عدد صحیح می‌باشد و T تعداد کل دوره‌های زمانی، $\propto$ درصد آسیب پذیری در داده‌های ثبت شده می‌باشد. روند اجرای ترکیب کردن قابلیت اعتماد و قواعد مدیریت عرضه آب در SPA را به صورت زیر ذیل می‌باشد:

روش آنالیز رفتاری (BA)[2]

همانطور که از نام این الگوریتم مشخص است الگوریتم BA رفتار مخزن را با استفاده از مولفه های جریان ورودی به آن، مقادیر رهاسازی شده از مخزن و سیاست بهره‌برداری برای مخزن، شبیه‌سازی می‌کند. برخلاف روش SPA که اکثرا در مورد مخازن واحد و ساده بکاربرده می‌شود الگوریتم BA می‌تواند برای مخازن چندگانه با هردرجه از پیچیدگی، می‌تواند استفاده شود. از اینروست که از میان روش‌های تجربی برآورد اندازه مخزن، روش BA تنها تکنیک برآورد اندازه مخزن است که قادر بوده علاوه بر معیارهای ارزیابی عملکرد مبتنی بر زمان، معیارهای دیگری همانند اعتمادپذیری حجمی، بازگشت‌پذیری، اسیب‌پذیری و ... را ملاحظه نماید. در نتیجه این الگوریتم برای تعیین اندازه مخزن، در سرتاسر دنیا از کاربرد زیادی داشته است (۲،۱۲،۱۳). الگوریتم BA بر اساس تعادل بین ورودی‌های به مخزن و خروجیهای آن، مطابق رابطه زیر عمل می‌کند:

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - D_t - E_t - L_t \quad (۵)$$

که در آن S_t و S_{t+1} به ترتیب ذخیره مخزن در گام‌های زمانی t و t+1 می‌باشد. Q_t مقدار حجمی جریان ورودی به مخزن در طول دوره t، E_t تبخیر از سطح مخزن، L_t سایر تلفات ذخیره، D_t رهاسازی کنترل شده و K_a حداکثر حجم ذخیره در مخزن می‌باشد. در این تحقیق برای طراحی مخزن و تعیین ظرفیت آن (K_a)، از تلفات تبخیر و سایر تلفات ذخیره مخزن صرفنظر شده است. جهت تعیین K_a با استفاده از روش BA، گام اول با فرض پر بودن مخزن شروع شده و در ادامه با استفاده از داده‌های تاریخی جریان ورودی به مخزن (Q_t) و تقاضاهای معین D_t شبیه‌سازی رفتار مخزن با کمک رابطه ۵ انجام می‌شود. با کمک این رابطه و عملیات تکرار، مقدار K_a برای اعتمادپذیری ۱۰۰ درصد محاسبه می‌شود.

شبیه‌سازی رفتار مخزن

به‌منظور شبیه سازی رفتار مخزن، ابتدا ماکزیمم کمبود که حجم مفید نامیده می‌شود با استفاده ازالگوریتم‌های فوق محاسبه می‌گردد و سپس با استفاده از رابطه ۵ این کمبود ها به ظرفیت مخزن در دوره t تبدیل شده و با استفاده از آن حد بالا و پایین منحنی فرمان مخزن رسم می‌شود.

$$S_t = K_a - K_t \quad (۶)$$

S_t: ظرفیت مخزن در دوره t، K_a: حجم مفید مخزن و K_t: کمبود مخزن در دوره t می‌باشد.

1- Modified Sequent Peak Algorithm
2- Behavior Analysis

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

$$URC_m = \max(S_{y,m}), \quad y = 1, n \quad m = 1,12 \qquad (۷)$$

$$LRC_m = \min(S_{y,m}), \; y = 1, \quad n \quad m = 1,12 \qquad (۸)$$

$$S_{y,m} S_{12(y-1)+m} \qquad (۹)$$

$$t = 12(y-1) + \qquad (۱۰)$$

روش BRC[1]

در این روش بر اساس حد بالا و پائین و معادله توازن جرمی طبق معادله ذیل بهره برداری از مخرن انجام می‌گردد.

$$S_{t+1} = S_t + Q_t + \acute{D}_t - E_t \quad LRC_m \le S_{t+1} \le URC_m \qquad (۱۱)$$

روش SOP[2]

در این روش بر اساس حداکثر ظرفیت مخزن و معادله توازن جرمی معادلات ذیل برای بهره برداری از مخزن استفاده می‌شود.

بیان ریاضی این قاعده به صورت زیر می‌باشد:

$$R_t = S_{t-1} + I_t \quad \text{if} \;\; S_{t-1} + I_t \le D_t \qquad (۱۲)$$

$$R_t = D_t \quad \text{if} \;\; D_t \le S_{t-1} + I_t \le C + D_t \qquad (۱۳)$$

$$R_t = S_{t-1} + I_t - C \quad \text{if} \;\; S_{t-1} + I_t - D_t > C \qquad (۱۴)$$

که در معادله‌های بالا t دوره بهره‌برداری، R_t تخلیه، S_t ذخیره، D_t تقاضا، I_t ورودی به مخزن و C ظرفیت مخزن است.

شاخص‌های عملکرد مخزن

شاخص اعتمادپذیری (Reliability)

اعتمادپذیری، قدیمی‌ترین و در عین حال پرکاربردترین شاخص در مسائل مدیریت آب است و براساس تعریف هاشیموتو و همکاران (۱۳) برابر است که اگر D_t کمبود آب در روز t و n دوره زمانی باشد، اعتمادپذیری با استفاده از رابطه زیر برآورد می‌گردد:

$$\text{Rel} = 1 - \frac{\text{No.of days } D_t > 0}{n} \qquad (۱۵)$$

شاخص برگشت‌پذیری (Resiliency)

برگشت پذیری معیاری است برای تعیین اینکه اگر سیستمی وارد یک وضعیت شکست شد، با چه سرعتی از این شرایط عبور کرده و وارد وضعیت مطلوب می‌شود. درواقع کم و زیاد بودن این شاخص بیان‌کننده کم و زیاد شدن وسعت شکست سیستم مورد نظر می‌باشد. هاشیموتو و همکاران (۱۳) این شاخص را به صورت احتمال شرطی زیر تعریف کرده‌اند:

$$\text{Res} = \frac{P\{S_t \in NF, S_{t-1} \in F\}}{P\{S_t \in F\}} \qquad (۱۶)$$

شاخص آسیب‌پذیری (Vulnerability)

آسیب پذیری درواقع بیانگر شدت یا اندازه خود شکست است. آسیب پذیری می‌تواند بیان شود به‌عنوان: ۱) متوسط شکست ۲) متوسط حداکثر کمبود در تمام طول دوره شکست. ۳) احتمال عبور از یک آستانه خاص کمبود Yang و همکاران (۳۱) با تقسیم متوسط شکست بر متوسط تقاضای آب روزانه به محاسبه آسیب‌پذیری بدون بعد پرداختند:

$$\text{Vul} = \frac{\sum_{t=1}^{f_d} \left(\frac{D_t - D'_t}{D_t}\right)}{f_d} \qquad (۱۷)$$

در این رابطه f_d تعداد کل دوره‌های شکست، D_t کمبود آب در روز tام می‌باشد.

نتایج و بحث

در این بخش ابتدا با استفاده از آمار تاریخی جریان ورودی به مخزن سد بوکان برای دوره ۲۰۱۸ -۱۹۹۹ و بهره‌گیری از سه روش SPA، MSPA وBA طراحی مخزن برای تقاضاهای معین شرب و کشاورزی، انجام شد و سپس بهره‌برداری مخزن با استفاده از شاخص‌های همانند اعتمادپذیری زمانی، حجمی و آسیب‌پذیری، عملکرد مخزن مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آنها به تشریح ذیل است:

طراحی مخزن

حجم مفید در روش SPA، MSPA وBA با توجه به جریان ورودی، ذخیره مخزن، کمبود و تقاضاهای پائین دست محاسبه می‌گردد. بدین منظور عرضه آب در حالت جریان ماهانه تاریخی و تقاضا شامل نیاز شرب و کشاورزی (دوگانه) و شرب، کشاورزی و محیط زیست (سه‌گانه) در نظر گرفته شده است. ابتدا با روش SPA و BA (اعتمادپذیری ۱۰۰٪) در حالت‌های دوگانه و سه‌گانه حجم مفید مخزن محاسبه گردید. نتایج نشان داد که با احتساب تقاضای دوگانه روش‌های BA و SPA به ترتیب حداکثر حجمی برابر با ۴۶۷، ۴۶۷ میلیون مترمکعب ارائه کرده است (جدول ۳). در ادامه با احتساب تقاضای سه‌گانه حجم طراحی‌ها به‌ترتیب برابر با ۲۲۰۰ و ۲۱۲۰ میلیون مترمکعب بدست آمد. نتایج طراحی مخزن در حالت‌های وجود تقاضاهای دوگانه و سه‌گانه نشان می‌دهد که ملاحظه تقاضاهای سه‌گانه در مرحله طراحی با هر دو رویکرد BA و SPA، حجم مخزن را از مقدار ۴۶۷ برای حالت دوگانه حدود۴ برابر افزایش می‌دهد. این اختلاف زیاد بین حجم مخزن در حالت‌های دوگانه و سه‌گانه از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. در نتیجه برای مرحله طراحی، مد نظر قرار دادن تقاضاهای دوگانه الزامی بوده و در نهایت عملکرد مخزن با شرایط اضافه شدن نیازهای زیست‌محیطی یعنی (حالت سه‌گانه) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بعد از انجام طراحی در حالت دوگانه، ذخیره مخزن در گام‌های زمانی ماهانه با استفاده از معادله بیلان ذخیره (رابطه ۵) محاسبه شده و در ادامه با احتساب حجم مرده مخزن که ۱۰۷ میلیون مترمکعب حد بالا (URC)[3] و پائین (LRC)[4] ذخیره مخزن برآورد گردید (شکل ۲). همان‌طور که قابل مشاهده است حجم مفید مخزن با احتساب حجم مرده ، حجم ماکزیمم ۵۷۴ میلیون مترمکعب برای هر دو روش بدست آمده است.

از آنجایی که در رویکردهای SPA و BA فرض برانست که اعتمادپذیری تامین نیازهای پایین دست ۱۰۰ درصد باشد با توجه به ملاحظات اقتصادی در طراحی مخزن، این سطح از اعتمادپذیری همواره نمی‌تواند در عمل محقق شود. لذا در ادامه با رویکرد MSPA که امکان کاهش اعتمادپذیری در آن وجود دارد، مخزن طراحی گردید. در این راستا ابتدا با استفاده از روش SPA زمان پر (بدون کمبود) و خالی شدن پیوسته مخزن (ماکزیمم کمبود) تعیین گردید. همانطور که در شکل ۳ قابل مشاهده است مخزن در ماه می سال ۱۹۹۸ پر و در

1- Base Rule Curves 2- Standardized Operation Policy 3- Upper Rule Curve 4- Lower Rule Curve

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

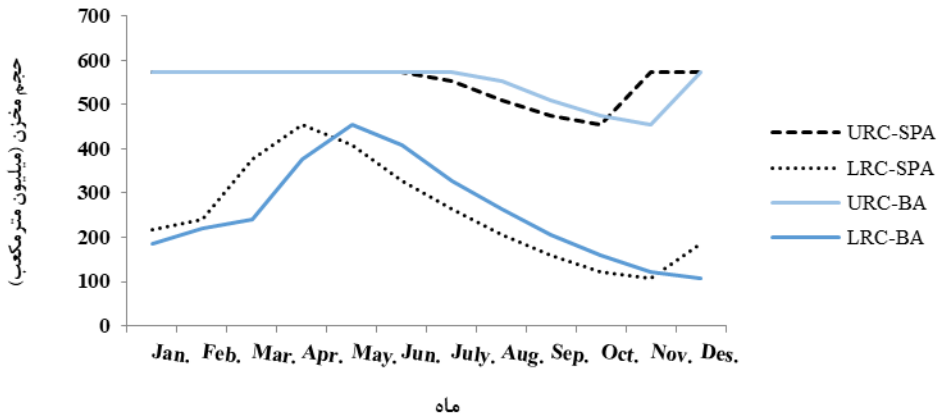
ماه اکتبر سال ۲۰۰۱ خالی شده است که گویای آنست که مخزن از نوع برون سالی می‌باشد.

از زمان خالی شدن مخزن برای سه حالت MSPA-1 (۹۸درصد اعتمادپذیری و ۱۰درصد آسیب‌پذیری)، MSAP-2 (۹۸درصد اعتمادپذیری و ۲۰ درصد آسیب‌پذیری) و MSPA-3 (۹۸درصد اعتمادپذیری و ۳۰ درصد آسیب‌پذیری) به ترتیب تقاضا کاهش و سیکل شکست تکرار و ظرفیت مخزن مجددا برای سه حالت مذکور محاسبه شده است (جدول ۳). همانطور که قابل مشاهده است ظرفیت مخزن در حالت ۹۸ درصد اعتمادپذیری و ۱۰ درصد آسیب‌پذیری نسبت به اعتمادپذیری ۱۰۰٪ حدود ۱۱ درصد کاهش و با آسیب پذیری ۳۰ درصد حدود ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

همانطور که قبلا گفته شد بعد از انجام طراحی در حالت دوگانه و با استفاده از معادله بیلان ذخیره مخزن و با احتساب حجم مرده مخزن که ۱۰۷ میلیون مترمکعب حد بالا (URC) و پائین (LRC) ذخیره مخزن با این روش در سه حالت مذکور مطابق شکل ۴ بدست آمده است. همان‌طور که قابل مشاهده است حجم مفید مخزن با احتساب حجم مرده، حجم ماکزیمم در سه حالت MSPA-1، MSPA-2 و MSPA-3 به‌ترتیب ۵۲۳، ۴۷۳ و ۴۵۸ میلیون مترمکعب بدست آمده است. همچنین منحنی فرمان بین MSPA-2 و MSPA-3 بسیار نزدیک است.

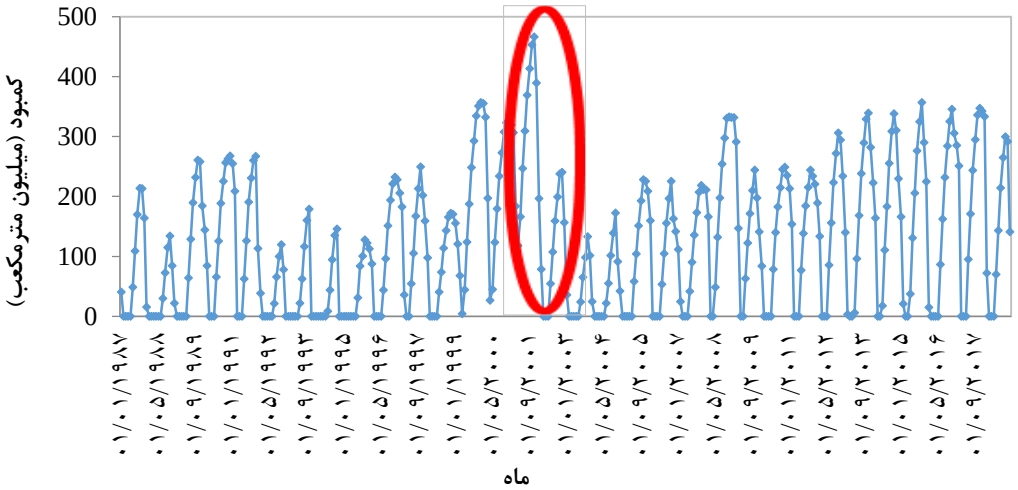
بهربرداری از مخزن (شبیه‌سازی رفتار مخزن)

از آنجائیکه تامین نیاز زیست محیطی اخیرا جز اولویت‌های تخصیص آب شده است و از طرفی وجود دریاچه ارومیه در پائین دست این سد، تامین نیاز زیست محیطی در بهره برداری در نظر گرفته شده است. لذا بر اساس ظرفیت مخزن در مرحله طراحی و حدود بالا و پایین منحنی فرمان (URC و LRC) رفتار مخزن در مرحله بهره‌برداری با دو روش BRC و SOP و با در نظر گرفتن نیاز زیست محیطی توسط شاخص‌های عملکرد مخزن محاسبه گردید (جدول ۴). همانطور که قابل مشاهده است بهره‌برداری از مخزن با استفاده از روش SOP نسبت به BRC با لحاظ تقاضای 3D، منجر به افزایش شاخص‌های عملکرد مخزن شده است. با روش BA، شاخص اعتمادپذیری زمانی در روش BRC نسبت به روش SOP به ترتیب از ۰/۷۲ به ۰/۸۲ و آسیب پذیری از ۰/۳۸ به ۰/۶۸ افزایش یافته است و با روش SPA شاخص اعتمادپذیری زمانی در روش BRC نسبت به روش SOP به ترتیب از ۰/۶۹ به ۰/۸۵ و آسیب‌پذیری از ۰/۶۱ به ۰/۶۹ افزایش یافته است. شاخص‌های عملکرد بین حالت MSPA-2 و MSPA-3 همانطور که از روی منحنی فرمان (شکل ۴) نیز قابل مشاهده است، تغییر چندانی ندارد ولی بین MSPA-1 و MSPA-3 شاخص‌های عملکرد کاهش یافته است. بعنوان نمونه اعتمادپذیری حجمی در روش SOP به‌ترتیب از ۰/۸۷ به ۰/۸۵ و آسیب پذیری از ۰/۶۸ به ۰/۶۷ کاهش یافته است



شکل ۲- منحنی فرمان سد زرینه‌رود بر اساس BA وSPA با داده‌های تاریخی (۲۰۱۸-۱۹۸۷)
Figure 2. Zarrinehroud Dam rule curve based on BA and SPA with historical data (1987-2018)

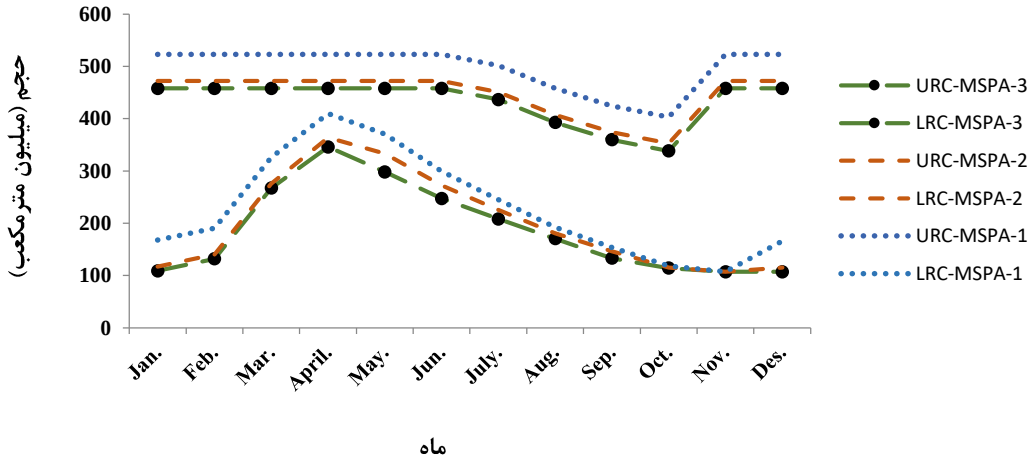
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]



شکل ۳- تغییرات خالی و پرشدن مخزن بر اساس روش SPA طی دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۷
Figure 3. Empty changes and reservoir filling during based on SPA the period ۲۰۱۸-۱۹۸۷

جدول ۳- ظرفیت مفید مخزن با الگوریتم‌های مختلف شبیه‌ساز و داده‌های تاریخی (میلیون مترمکعب)
Table 3. Useful capacity of the reservoir with different simulation algorithms and historical data (MCM)

شاخص		آسیب پذیری	تقاضا	BA	SPA	MSPA
	۱۰۰		دوگانه	۴۶۷	۴۶۷	
			سه‌گانه	۲۲۰۰	۲۱۲۰	
اعتماد پذیری	۹۸	۱۰				۴۱۶
		۲۰	دوگانه			۳۶۵
		۳۰				۳۵۱



شکل ۴- منحنی فرمان سد زرینه‌رود بر اساس MSPA با داده‌های تاریخی (۲۰۱۸-۱۹۸۷)
Figure 4. Zarrinehroud Dam rule curve based MSPA with historical data (1987-2018)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

جدول ۴- شاخص‌های عملکرد مخزن با دو روش بهره‌برداری SOP و BRC با نیاز زیست‌محیطی
Table 4. Reservoir performance indices with two operating methods SOP and BRC with environmental needs BRC

روش	اعتماد پذیری زمانی	اعتماد پذیری حجمی	آسیب‌پذیری
BA	۰/۷۲	۰/۸۹	۰/۳۸
SPA	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۶۱
MSPA-1	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۵۸
MSPA-3	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۵۶
SOP			
BA	۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۶۸
SPA	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۶۹
MSPA-1	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۶۸
MSPA-3	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۶۷

نتیجه‌گیری کلی

مخازن آب سطحی در ذخیره آب در فصول پر بارش و تحویل آن به نیازهای شرب، زیست‌محیطی و بخصوص کشاورزی در فصول کم بارش، نقش مهمی ایفا می‌کنند. اهمیت این موضوع برای مناطقی همچون حوضه دریاچه ارومیه که دارای بارش و در نتیجه رواناب‌های فصلی متغیر است دو چندان می‌باشد. در این تحقیق ارزیابی نیاز زیست محیطی در طراحی و بهره برداری از مخزن با الگوریتم‌های شبیه‌ساز BA، SPA وMSPA تحت دو سناریوی تقاضا انجام شد. نتایج طراحی با دو روش SPA و BA نشان داد حجم مخزن در حالت سه گانه (شرب، کشاورزی و محیط زیست) نسبت به حالت دوگانه (شرب و کشاورزی) حدود ۴ برابر افزایش یافته است، در نتیجه لحاظ نیاز زیست محیطی در طراحی از منظر اقتصادی، توجیه‌پذیر نمی‌باشد. طراحی مخزن با روش MSPA نشان داد که ظرفیت مخزن در MSPA-1 نسبت به SPA حدود ۱۱ درصد کاهش و با MSPA-3 حدود ۲۵ درصد کاهش یافته است. شاخص‌های عملکرد مخزن با استفاده از روش SPA و با در نظر گرفتن نیاز زیست محیطی نشان داد که میزان اعتمادپذیری در روش BRC نسبت به روش SOP به ترتیب از ۰/۶۹ به ۰/۸۵ و آسیب‌پذیری از ۰/۶۱ به ۰/۶۹ و در روش BA میزان اعتماد پذیری در روش BRC نسبت به روش SOP به‌ترتیب از ۰/۸۹ به ۰/۹۰ و آسیب پذیری از ۰/۳۸ به ۰/۶۸ افزایش و بین MSPA-1 و MSPA-3 شاخص‌های عملکرد کاهش یافته است.

پیشنهادات

در مقاله حاضر طراحی مخزن با برخی از روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی انجام شده است. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد که روش‌های بهینه‌سازی که با استفاده از الگوریتم‌های جستجوی مشخص، مساله طراحی مخزن را بهینه می‌کنند نیز مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد.

منابع

1. Abdi, R., M. Yasi, R. Sokooti Oskoui and E. Mohammadi. 2014. Environmental requirement assessment in Zarrinehrood River by hydrological methods. Journal of Watershed Engineering and management, 6(3): 211-223 (In Presian).
2. Adeloye, A.J. 2012. Hydrological sizing of water supply reservoirs. Chapter in Encyclopedia of lakes and reservoirs. Springer, Dordrecht, Netherlands, 346-355 pp.
3. Adeloye, A.J., B.S. Soundharajan, C.S.P. Ojha and R. Remesan. 2016. Effect of Hedging-Integrated Rule Curves on the Performance of the Pong Reservoir (India) During Scenario-Neutral Climate Change Perturbations. Journal of Water Resources, 30(2): 445-470.
4. Adeloye, A. and Q.V. Dau. 2019. Hedging as an adaptive measure for climate change induced water shortage at the Pong reservoir in the Indus Basin Beas River, India, Science of the Total Environment,687: 554-566.
5. Adeloye, A.J., I.Y. Wuni, Q.V. Dau, B.S. Soundharajan and K.S. Kasiviswanathan. 2019. Height–Area–Storage Functional Modelsfor Evaporation-Loss Inclusion inReservoir-Planning Analysis, Water, 11: 1-16.
6. Ahmad, S. and S.P. Simonovic. 2000. System dynamics modeling of reservoir operations for flood management. Journal of Computing in Civil Engineering, 14(3): 190-198.
7. Ahmadian, M. and M. Montaseri. 2019. Using Reservoir Performance Indices for Evaluating the Lar Storage Dam Behavior. Journal of water and soil, 33(6): 795-809 (In Presian).
8. Ahmadzadeh, H., S. Morid, M. Delavar and R. Srinivasan. 2016. Using the SWAT model to assess the impacts of changing irrigation from surface to pressurized systems on water productivity and water saving in the Zarrineh Rud catchment. Agricultural Water Management, 175: 15-28.
9. Begoli, Z. 2013. Presentation of rule curve in climate change conditions using genetic algorithm and simulation. Master Thesis, Civil engineering of Tabriz University,Tabriz, Iran (In Presian).
10. Chen L., J. Mcphee and W.W.G. Yeh. 2007a. A diversified multi-objective GA for optimizing reservoir rule curves. Journal of Advances in Water Resources, 30(5): 1082-1093.
11. Compos, J.N.B. 2010. Modeling the yield–evaporation–spill in the reservoir storage process: The regulation triangle diagram. Journal of Water Resources Management, 24: 3487-3511.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

12. Guo S.L., H.G. Zhang and H. Chen. 2004. A reservoir flood forecasting and control System for China. Journal of Hydrological Sciences, 49(6): 959-972.
13. Hashimoto, T., J.R. Stedinger and D.P. Loucks. 1982. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water-resource system performance evaluation. Water Resources Management, 18: 14-20.
14. Hosseinpour Tehrani, M., R. Davari and B.Ghahreman. 2008. Operation of reservoir systems using fuzzy logic. 4th National Congress of Civil Eng., 6-8May, Tehran University, Tehran (In Persian).
15. Houck, M.H., J.L.Cohon and C. Revelle. 1980. Linear decision rule in reservoir design and management, 6: incorporation of economic efficiency benefits and hydroelectric energy generation. Journal of Water Resource Research, 16(1): 196-200.
16. Kaharkaboudi, R., M. KhayyatKholghi, M. Jahromi and D. Arab. 2008. Operation of multi-reservoir system using fuzzy approach. 4th National Congress of Civil Eng., 6-8 May, Tehran University, Tehran (In Persian).
17. Karamouz, M. and R. Karachian. 2003. Water quality management. Amirkabir University Press. Tehran.
18. Khademi, M., A.R. Emadi and M. Movahed. 2011. Reservoir Operation Optimization Using Simulated Annealing Algorithm and Application of Asymptote Method in itsValidation, Journal of Watershed Management Research, 3: 81-94.
19. Becker, L. and W.W.G. Yeh. 1974. Optimization of real time operation of multiple- reservoir system. Journal of Water Resource Research, 10(6): 1107- 1112.
20. Lele, S.M. 1987. Improved algorithms for reservoir capacity calculation incorporating storage-dependent losses and reliability norms. Water Resources Research, 23(10): 1819-1823.
21. Loucks D.P., J.R. Stedinger and D.A. Haith. 1981. Water resources system planning and analysis. Prentice-Hill, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
22. McMahon T.A. and R.G. Mein.1986. .River and reservoir yield. Journal of Water Resources Publications, Littleton, Colorado.
23. McMahon, T.A. and A.J. Adeloye. 2005. Water Resources Yield. Water Resources, Publications, Littleton, CO, USA.
24. McMahon T.A., G.S. Pegram R.M. Vogel and M.C. Peel. 2007. Revisiting reservoir storage-yield relationships using a global streamflow database. Journal of Advanced Water Resources 30: 1858-1872
25. Prasanchum, H. and A. Kangrang. 2017. Optimal reservoir rule curves under climatic and land use changes for Lampao Dam using Genetic Algorithm. KSCE Journal of Civil Engineering, 22(1): 351-364.
26. Sabbaghi, M., A. Shahnazary and A.N. Ziaei. 2017. Simulation and Operation Evaluation of Shahid Yaghoobi Dam by using System Dynamic(Case study:Dam Shahid Yaghoobi). Journal of Watershed Management Research, 8(1): 188-199.
27. Sakat Oskoui, R. and M. Motaseri. 2014. Provide a regression relationship to predict the useful volume of storage tanks with performance indicators. Proceedings of the Sixth National Conference of Civil Engineering, 1-8pp,Semnan, Iran (In Presian).
28. Sakat Oskoui, R. and R. Abdullah. 2017. Modeling the storage capacity of a reservoir system in kelatan catchment employing performance indices, Ecology Environment and Conservation, 23(16-20).
29. Soundharajan, B.S., A.J. Adeloye and R. Remesan .2016. Evaluating the variability in surface water reservoir planning characteristics during climate change impacts assessment. Journal of Hydrology, 538(10): 625-639.
30. Srinivasan, K., T.R. Neelakantan, P. Shyam Narayan and C. Nagarajukumar. 1999. Mixed-integer programming model for reservoir performance optimization. Journal of Water Resource Planning and Management, 125(5): 298-301.
31. Yang, T.C., C. Chen, C.M. Kuo, H.W. Tseng and P.S. Yu. 2012. Drought risk assessments of water resources systems under climate change: a case study in Southern Taiwan. Hydrology & Earth System Sciences Discussions, 9(11).
32. Yeh, W.G. 1985. Reservoir management and operations models: a state-of-the-art Review. Journal of Water Resources Research, 21(12): 1797-1818.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]

Impact Assessment of Environmental Demand in Design and Operation of Dams using Simulation Algorithm

Najemeh Akhondi[1], Mahnoosh Moghaddasi[2,3] and Sedigheh Anvari[4]

1- Master student of irrigation and drainage Arak University
2- Associate professor of water engineering, Arak University,
(Corresponding author: mah_moghaddasi@hotmail.com)
3- Research Institute for Water Science and Engineering, Arak University
4- Assistant Professor, Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
Received: 22 November, 2020 Accepted: 16 February, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: The use of simulation tools for operation of surface water reservoirs has become one of the most serious challenges in all over the world. This study aims to investigate the performance of BA, SPA and MSPA algorithms in both design and operation phase of a reservoir.

Material and Methods: To this end, using data of hydrometric station upstream of Zarrinehrood Dam and SPA and BA simulation algorithms, the reservoir capacity in 100% reliability mode of Zarrinehrood Dam and SPA and BA simulation algorithms, the reservoir volume in 100% reliability mode has been designed for two different scenarios of downstream demand. The first scenario includes drinking and agricultural demand (2D) and the second scenario includes triple drinking, agricultural and environmental demand (3D). Since the realization of 100% reliability is not always justifiable, in order to simultaneously apply the two indicators of reliability and vulnerability in the design of the reservoir, the modified SPA method (MSPA) and the first demand scenario were used. In this regard, considering the 98% reliability and three levels of vulnerability, the models MSPA-1 (10% vulnerability), MSPA-2 (20% vulnerability) and MSPA-3 (30% vulnerability) It was considered to design the volume of the reservoir. Finally, to evaluate the performance of the reservoir in the operation stage, the BRC and SOP operation rules as well as the reservoir performance indicators have been used.

Results: The design results with SPA and BA methods showed that the volume of the reservoir in 3D mode has increased about 4 times compared to 2D mode, so the application of 2D scenario in design from an economic point of view will be more justifiable. The use of MSPA-1 and MSPA-3 methods compared to SPA in the design phase has reduced the reservoir volume by 11 and 25%, respectively.

Conclusion: The results of reservoir performance indices showed that the SOP method increased compared to the BRC method for all three design methods and the MSPA method decreased between the first and third modes and there was little change between the second and third modes.

Keywords: BA, MSPA, Reservoir operation, Reservoir Performance indices, Simulation algorithm, SPA, Zarrinehrood basin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.30]