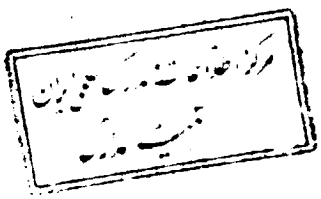
بسم الله الرّحمن الرّحيم

٢٧٣٧٨

۱۳۷۸ /۷/ ۱۲



دانشکده مهندسی عمران

کاربرد بهینه بهره‌برداری از مخازن سدها با استفاده از مدلهای کمی ـ کیفی

آزاده استادرحیمی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در گرایش مهندسی محیط زیست

3870/2

استاد راهنما : دکتر محمد کارآموز
استاد مشاور : دکتر عباس افشار

دیماه ۱۳۷۷

۲۷۳۷۵

به او که به من آموخت گذر از کوچه پس
کوچه‌های زندگی پای رفتن می‌طلبد

به او که هر لحظه به خاطرم آورد آموختن دانش
به بهای پایمال کردن بینش متعالی
انسانی، تا چه پایه پوچ است

به او که فرصت داد بیابم و راه یافته را با محبت
بی‌ریا و بی‌دریغ خویش فرش کرد

به او که همیشه راه خویش را در روشنایی راهِ
رفته او پیمودم

و به او که همراهیم کرد و بهار را به دلم هدیه داد

کاربرد بهینه بهره‌برداری از مخازن سدها با استفاده از مدلهای کمی ـ کیفی

چکیده

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آزاده استادرحیمی، گرایش مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران – دیماه ۱۳۷۷ – استاد راهنما: آقای دکتر محمد کارآموز

افزایش نگرانیهای زیست‌محیطی و پیشرفت روزافزون روشهای پایش کیفی منابع آب، لزوم همگام و سیستمی نمودن ارزیابیهای کمی و کیفی منابع آب را بیش از پیش آشکار می‌سازد. به نظر می‌رسد در روند تغییر ساختار مدلهای بهره‌برداری از مخازن، که در چند سال اخیر به طور خاص بر افزایش سطح انعطاف‌پذیری این مدلها در برخورد با تغییرات، فرضیات و عدم‌قطعیتهای سیستم، متمرکز بوده است، پارامترها و ملاحظات زیست‌محیطی و کیفیت آب همچنان در حاشیه باقی‌مانده است. استفاده گسترده از مدلهای شبیه‌سازی کیفیت آب در کنار مدلهای بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن، بستر مناسبی را برای تلفیق این مدلها و دستیابی به ساختارهای مناسب برای بهره‌برداری کمی ـ کیفی از مخازن سدها، فراهم می‌سازد.

مخزن سد پانزده خرداد که با هدف تأمین بخش عمده‌ای از نیاز شرب شهر قم ایجاد شده است، با توجه به وضعیت کیفی سرشاخه‌های ورودی به مخزن و شرایط داخلی مخزن، شرایط اقلیمی و شدت تبخیر بالا، مشکلاتی را در زمینه کیفیت آب خروجی از نظر میزان *TDS* ایجاد نموده است. در یکسال اخیر، این مخزن عملاً کارآیی مؤثر خود را در تأمین نیازهای آبی و بخصوص تأمین نیاز آب شرب شهر قم از دست داده است. در این راستا تمهیداتی به منظور بهبود کیفیت آب پیش از ورود به شبکه توزیع آب انجام شده است که در آنها به تأثیر سیاستهای بهره‌برداری از مخزن در بهبود کیفیت آب خروجی، توجه کمتری شده است.

در این پایان‌نامه تأثیر الگوی بهره‌برداری از مخزن سد پانزده خرداد در بهبود کیفیت آب خروجی با استفاده از مدل بهینه‌سازی به روش برنامه‌ریزی پویا و مدل شبیه‌سازی کیفی مخزن، نشان داده شده است. این مطالعات با نگاهی کلی به تغییرات کمی ـ کیفی در مخزن سد با هدف تدوین متدولوژی انجام مطالعات مشابه صورت گرفته است. متدولوژی این مطالعات می‌تواند زمینه را برای تدوین مدلهای کمی ـ کیفی در بهره‌برداری از مخازن مهیا سازد.

این پایان‌نامه تلاش ناچیزی است بـرای تـقدیر از استاد، الگو و راهنمای گرانقدرم، جناب آقای دکتر محمد کارآموز، که پـیش از هـر چـیز راه درست پژوهش را به من آموخت، بیش از هر چیز شوق مرا به یادگرفتن، آموختن و تجربه کردن، بیدار کرد و ایـن حـقیقت را کـه هـمگام نـمودن انسـانیت و دانش‌پژوهی، تنها روزنه سعادت بشـری است، در فکر من جاودانه نمود

به انجام رساندن این مطالعات بدون همراهی و همفکری جناب آقای دکتر عباس افشار، که با صبر و حوصله کاستیهای مرا در کلاس درس و در زمان تکمیل پایان‌نامه‌ام، پذیرفته‌اند، میسر نمی‌شد. امید آنکه آنچه به من آموخته‌اند و آنگونه که سزاوار معانی بلند و تجارب ارزنده ایشان بود، در نیافته‌ام، در آینده چراغ راه دانش‌اندوزی من باشد.

گام نهادن به میدان پژوهش بی‌شک تنها در سایه راهنماییها و روشنگریهای بزرگانی میسر است که با همراهی و همدلی راه را بر نوآموزان این عرصه روشن و هموار می‌سازند. برای من پیمودن این راه تا به این منزل، بدون تکیه بر تجربه و دانش استاد گرامیم جناب آقای دکتر عباس قاهری، بسیار دشوار بود. امید است این گام نخست با آموزشها و پشتیبانی این استاد عزیز استوارتر گردد.

پربارتر نمودن این پایان‌نامه و تلاش برای به نتیجه رساندن این مطالعات، پاسخی است به صمیمیت و تلاش بی‌ریا و بی‌دریغ **خانم مهندس بنفشه زهرایی** که در مسیر تحقیق همراه و راهنمای من بود

به پایان رساندن این مطالعات بدون پشتیبانی پیوسته و صمیمانه **آقای مهندس مهران استادرحیمی** در بخشهای نرم‌افزاری این مطالعات ناممکن می‌نمود. امید است نتایج این تحقیق، پاسخگوی این تلاش و همراهی برادرانه باشد

گرچه دسترسی به اطلاعات به روز و دقیق در ساختار اداری برخی از مراکز تحقیقاتی کشور، عملاً ناممکن است، از **آقای مهندس نادر رضایی** که توان بسیاری را در گردآوری این اطلاعات و آمار صرف کرد، سپاسگزارم

از **خانم هایده صابری** و **آقای امیر روحنواز** که در مراحل مختلف این تحقیق، یاریگر و راهنمای من بوده‌اند، سپاسگزارم

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
تقدیم	الف
چکیده (فارسی)	ب
تقدیر و تشکر	ج
بخش اول – مدلهای کمی ـ کیفی در سیستم رودخانه ـ مخزن	
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- تدوین مدل	۲
۱-۳- انعطاف‌پذیری در مدلهای بهره‌برداری از مخازن سدها	۶
بخش دوم – کیفیت آب در مخازن سدها	
۲-۱- مخازن و دریاچه‌ها	۹
۲-۲- تبخیر	۱۴
۲-۳- لایه‌بندی حرارتی	۱۵
۲-۴- پارامترهای شیمیایی و فیزیکی	۱۷
● اکسیژن محلول	۱۹
● دما	۲۵
● فسفر	۲۸
● ازت	۳۱
● ترکیبات سمی	۳۴
۲-۵- تغذیه‌گرایی	۳۹
بخش سوم – مدل HEC-5Q	
۳-۱- مقدمه	۴۵
۳-۲- ورودیها و اطلاعات مورد نیاز	۴۸
۳-۳- مفاهیم مدل ریاضی	۴۹
۳-۴- دما و کیفیت آب	۶۵
۳-۵- تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی	۶۶

عنوان	شماره صفحه

بخش چهارم – مدلهای برنامه‌ریزی پویا در بهره‌برداری از مخازن سدها

۴–۱– مقدمه ۶۷

۴–۲– برنامه‌ریزی پویا ۶۸

۴–۳– کاربرد برنامه‌ریزی پویا در بهره‌برداری از مخازن سدها ۷۵

۴–۴– مدل کمی ـ کیفی بهره‌برداری از مخازن سدها ۸۰

بخش پنجم – مدل کمی ـ کیفی مخزن سد پانزده خرداد

۵–۱– مقدمه ۸۵

۵–۲– وضعیت کمی و کیفی مخزن سد پانزده خرداد ۸۶

۵–۳– ماتریس شوری خروجی ۹۳

۵–۴– تابع خسارت شوری خروجی ۹۵

۵–۵– سیاست بهینه بهره‌برداری ۱۲۲

۵–۶– تحلیل و نتیجه‌گیری ۱۲۳

۵–۷– پیشنهادات ۱۲۴

پیوست ۱۲۷

مراجع ۱۳۱

چکیده (انگلیسی) ۱۳۵

فهرست اشکال

شماره	عنوان	شماره صفحه
۱-۱	پرسشهایی که در تدوین مدل پاسخ داده می‌شوند	۳
۱-۲	مراحل تدوین مدل	۵
۲-۱	مؤلفه‌های بیلان حرارتی و مقادیر تقریبی (برحسب کالری بر سانتیمتر مربع در روز)	۲۷
۲-۲	مؤلفه‌های بیلان حرارتی در یک دریاچه با اختلاط کامل	۲۸
۲-۳	انواع ترکیبات فسفر در منابع آب	۲۹
۲-۴	انواع ترکیبات ازت در منابع آب	۳۲
۲-۵	شماتیک جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی ترکیبات سمی در یک پیکره آبی	۳۶
۲-۶	بیلان مواد سمی در یک دریاچه با اختلاط کامل	۳۶
۲-۷	انباشته شدن بیولوژیکی دِدِت در دریاچه انتاریو	۳۹
۲-۸	منابع مواد مغذی در مسائل تغذیه گرایی دریاچه‌ها و مخازن	۴۰
۲-۹	شماتیک ساده انتقال مواد سمی در زنجیره غذایی	۴۲
۲-۱۰	منحنی فرضی تغذیه‌گرایی	۴۲
۳-۱	مراحل تغییر ساختاری مدل HEC-5Q	۴۷
۳-۲	قطعه‌بندی پیکره‌های آبی در HEC-5Q	۴۷
۳-۳	نمایش هندسی مخزن لایه‌بندی شده و مکانیزم انتقال جرم	۵۳
۳-۴	نمایش هندسی سیستم رودخانه و مکانیزم انتقال جرم	۵۵
۳-۵	ارتباط بین انحراف از کیفیت هدف در خروجی از مخزن و تابع بهینه‌سازی جدول ۳-۱	۵۸
۳-۶	متغیرهای جریان در اریفیس	۶۲
۴-۱	نمونه‌ای از یک تابع خسارت	۷۰
۴-۲	نمایش مسائل سلسه‌مراتبی برنامه‌ریزی پویا	۷۲
۴-۳	روند اجرای مدل بهینه‌سازی پویای قطعی	۷۸
۴-۴	ساختار مدل کمی ـ کیفی بهره‌برداری از مخزن سد	۸۴

شماره	عنوان	شماره صفحه
۵-۱	مقایسه نیاز آبی برآورد شده توسط مشاور سد پانزده خرداد و میزان واقعی آب آزاد شده	۸۸
۵-۲	مقایسه جریان خروجی از سد گلپایگان و جریان ورودی به سد پانزده خرداد	۹۱
۵-۳	مقایسه متوسط شوری خروجی از مخزن سد پانزده خرداد در کلاس A لایه‌بندی	۹۸
۵-۴	وضعیت لایه‌بندی شوری در مخزن سد پانزده خرداد در کلاس A لایه‌بندی با استفاده از تابع خسارت شوری معادله ۵-۶	۹۹
۵-۵	وضعیت لایه‌بندی شوری در مخزن سد پانزده خرداد در کلاس A لایه‌بندی با استفاده از تابع خسارت شوری معادله ۵-۷	۱۰۲
۵-۶	متوسط سهم دریچه‌های آبگیری در طی دوره شبیه‌سازی در رهاسازی جریان خروجی (کلاس لایه‌بندی A و $n = ۵$)	۱۰۶
۵-۷	متوسط سهم دریچه‌های آبگیری در طی دوره شبیه‌سازی در رهاسازی جریان خروجی (کلاس لایه‌بندی A، $K = ۵$ و $r = ۱/۰$)	۱۰۷
۵-۸	مقایسه متوسط شوری خروجی از مخزن سد پانزده خرداد در کلاس B لایه‌بندی	۱۰۹
۵-۹	وضعیت لایه‌بندی شوری در مخزن سد پانزده خرداد در کلاس B لایه‌بندی با استفاده از تابع خسارت شوری معادله ۵-۶	۱۱۰
۵-۱۰	وضعیت لایه‌بندی شوری در مخزن سد پانزده خرداد در کلاس B لایه‌بندی با استفاده از تابع خسارت شوری معادله ۵-۷	۱۱۲
۵-۱۱	متوسط سهم دریچه‌های آبگیری در طی دوره شبیه‌سازی در جریان خروجی از مخزن (کلاس لایه‌بندی B و $n = ۵$)	۱۲۰
۵-۱۲	متوسط سهم دریچه‌های آبگیری در طی دوره شبیه‌سازی در جریان خروجی از مخزن (کلاس لایه‌بندی B، $K = ۵$ و $r = ۱/۰$)	۱۲۱

نقشه ۵-۱	شبکه هیدروگرافی حوزه آبریز قم و قره‌چای	۸۷

فهرست جداول

شماره	عنوان	شماره صفحه
۱-۲	تعیین حالت تغذیه‌گرایی (*EPA*)	۴۰
۱-۳	ضرایب تابع زیرشاخصهای اجزاء کیفی	۵۷
۱-۵	توزیع ماهانه نیاز کشاورزی و شرب در پایین‌دست سد پانزده خرداد (پیشنهاد مشاور)	۸۶
۲-۵	متوسط ماهانه شدت جریان در ایستگاه هیدرومتری عباس‌آباد (میلیون متر مکعب)	۸۹
۳-۵	محاسبات مربوط به یک‌بعدی بودن مخزن سد پانزده خرداد	۹۳
۴-۵	کلاسهای تراز مخزن و جریان ورودی در ماتریس شوری (*HEC-5Q*)	۹۴
۵-۵	متوسط شوری خروجی (میلیگرم در لیتر) از مخزن سد پانزده خرداد در کلاس A لایه‌بندی	۹۸
۶-۵	درصد متوسط ماهانه کاهش شوری (*TDS*) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی A و $n = ۵$)	۱۰۳
۷-۵	درصد متوسط ماهانه کاهش شوری (*TDS*) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی A و $K = ۵$ و $r = ۱/۰$))	۱۰۴
۸-۵	مقایسه اطمینان‌پذیری تأمین نیاز شرب و کشاورزی در صورت اعمال توابع خسارت شوری در کلاس لایه‌بندی A	۱۰۵
۹-۵	متوسط ماهانه جریان ورودی به مخزن و خروجی از آن به تفکیک دریچه‌های آبگیری (کلاس لایه‌بندی A و $n = ۵$)	۱۰۶
۱۰-۵	متوسط ماهانه جریان ورودی به مخزن و خروجی از آن به تفکیک دریچه‌های آبگیری (کلاس لایه‌بندی A، $K = ۵$ و $r = ۱/۰$)	۱۰۷
۱۱-۵	متوسط شوری خروجی (میلیگرم در لیتر) از مخزن سد پانزده خرداد در کلاس B لایه‌بندی	۱۰۹
۱۲-۵	درصد متوسط ماهانه کاهش شوری (*TDS*) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی B و $n = ۵$)	۱۱۳
۱۳-۵	درصد حداکثر ماهانه افزایش شوری (*TDS*) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی A و $n = ۵$)	۱۱۴
۱۴-۵	درصد حداکثر ماهانه کاهش شوری (*TDS*) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی A و $n = ۵$)	۱۱۵
۱۵-۵	درصد متوسط ماهانه کاهش شوری (*TDS*) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی B و $K = ۵$ و $r = ۱/۰$))	۱۱۶
۱۶-۵	درصد حداکثر ماهانه افزایش شوری (*TDS*) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی B و $K = ۵$ و $r = ۱/۰$))	۱۱۷

شماره	عنوان	شماره صفحه
۵-۱۷	درصد حداکثر ماهانه کاهش شوری (TDS) مخزن سد پانزده خرداد در دوره شبیه‌سازی (کلاس لایه‌بندی B و $K = ۵$ و $r = ۱/۰$)	۱۱۸
۵-۱۸	مقایسه اطمینان‌پذیری تأمین نیاز شرب و کشاورزی در صورت اعمال توابع خسارت شوری در کلاس لایه‌بندی B	۱۱۹
۵-۱۹	متوسط ماهانه جریان ورودی به مخزن و خروجی از آن به تفکیک دریچه‌های آبگیری (کلاس لایه‌بندی B و $n = ۵$)	۱۲۰
۵-۲۰	متوسط ماهانه جریان ورودی به مخزن و خروجی از آن به تفکیک دریچه‌های آبگیری (کلاس لایه‌بندی B، $K = ۵$ و $r = ۱/۰$)	۱۲۱
۵-۲۱	ضرایب ماهانه معادله بهره‌برداری از سد پانزده خرداد	۱۲۳

مقدمه

پروژه‌های چندمنظوره معمولاً دامنه وسیعی از نیازهای جوامع انسانی را برآورده می‌سازند. بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی، دریاچه‌ها و مخازن سدها، برای مقاصد تأمین آب شرب و کشاورزی، حمل و نقل، تولید برق و مقاصد تفریحی صورت می‌گیرد. شیلات، کنترل سیلاب و تأمین آب مورد نیاز بخش صنعت نیز از دیگر اهداف بهره‌برداری از منابع آب به شمار می‌روند. با توجه به دامنه گسترده پروژه‌های چندمنظوره در بخش منابع آب، از نقطه‌نظر مدیریتی، نیازهای کیفیت آب و اثر متقابل این نیازها در مصارف مختلف آب، بزرگترین انگیزه برای انجام مطالعات کیفیت آب می‌باشد.

با توجه به افزایش روزافزون نگرانیهای موجود در حفظ سلامت و بهداشت بشر و پیشرفت قابل توجه در روشهای پایش کیفی منابع آب، لزوم همگام و سیستمی نمودن ارزیابیهای کیفی منابع آب با توجه به ارزیابیهای کمی گسترده‌ای که در حال حاضر صورت می‌گیرد، بیش از پیش آشکار می‌گردد. گرچه مدلهای هیدرودینامیک ـ کیفی پیچیده در مدیریت مخازن سدها و دریاچه‌ها، به علت مشکلات کاربردی آنها، مدیران و برنامه‌ریزان را به استفاده گسترده از این مدلها ترغیب ننموده است، با توجه به شرایط فعلی و نگرانیهای فوق، مدیریت مخازن دیگر بدون به کارگیری مدلهایی که ارزیابی کمّی‌تری را از مسائل زیست‌محیطی و کیفی آب ارائه نمایند، پذیرفته نخواهد بود. این در حالی است که ارزیابیهای کیفی منابع آب در حال حاضر بیش از آنکه بر اندازه‌گیریهای علمی استوار باشد، به برداشتهای تجربی متکی است. علیرغم گسترش کاربرد مطالعات و مدلسازیهای کیفی در منابع آب، به نظر می‌رسد جایگاه سیستمی آن همچنان تعریف نشده باقی مانده است و مطالعات زیست‌محیطی و کیفیت آب بیشتر به عنوان یک بخش الحاقی در مطالعات منابع آب در نظر گرفته می‌شوند.

با توجه به نسبی بودن شاخصها و معیارهای ارزیابی‌های کیفی و تأثیر غیرقابل انکار دیدگاههای مختلف در تلفیق مطالعات کمّی ـ کیفی در منابع آب، می‌توان گفت که استفاده سودمندِ موردانتظار تنها معیار ثابت در این عرصه است. با این دیدگاه، بهره‌برداری کمی ـ کیفی از مخزن یک سد، با توجه به ورودیها، اقلیم، نیازهای آبی پایین‌دست، تراکم جمعیت در بالادست، شرایط کیفی، فیزیکی و سازه‌ای مخزن و به خصوص با مشخص نمودن اولویت اهداف مختلف در بهره‌برداری، معانی متفاوتی را در بر خواهد گرفت و مدلهای مختلفی را به کار خواهد گرفت.

تغییر ساختار مدلهای بهره‌برداری از مخازن، در چند سال اخیر به خصوص بر افزایش سطح انعطاف‌پذیری این مدلها در برخورد با تغییرات، فرضیات و عدم‌قطعیتهای سیستم، متمرکز بوده است. به نظر می‌رسد در روند این تغییرات، ملاحظات زیست‌محیطی و کیفیت آب همچنان در حاشیه باقی‌مانده است.

استفاده گسترده از مدلهای شبیه‌سازی کیفیت آب در کنار مدلهای بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن، بستر مناسبی را برای تلفیق این مدلها و دستیابی به ساختارهای مناسب برای انجام مطالعات کمی ـ کیفی در زمینه مخازن سدها، فراهم می‌سازد.

با توجه به کمبود مطالعات سیستمی در زمینه بهره‌برداری کمی ـ کیفی از مخازن سدها، این پایان‌نامه بیشتر با هدف تدوین متدولوژی برای انجام مطالعات مشابه صورت گرفته است. به همین دلیل، سابقه مطالعات مشابه در بخشهای مجزا و در دو بخش کیفی و کمی ارائه شده است و تلفیق این دو بخش در حقیقت در نتایج این مطالعات صورت گرفته است. در این تحقیق بیش از آنکه به تغییر ساختار مدلهای بهره‌برداری و وارد کردن معادلات مربوط به شبیه‌سازی کیفی مخزن توجه شده باشد، امکان تلفیق نتایج مدلهای شبیه‌سازی کیفی و بهینه‌سازی کمی، از طریق تعریف یک تابع خسارت مناسب برای شوری مورد بررسی قرار گرفته است.

این پایان‌نامه در پنج بخش تدوین شده است. بخش اول شامل کلیاتی در مورد مدلسازی کیفیت منابع آب و ساختار این مدلها است. در این بخش همچنین لزوم همگام نمودن مدلسازیهای کیفی با مطالعات کمی منابع آب مورد توجه قرار گرفته است. در بخش دوم تغییرات و پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب در مخازن مورد بررسی قرار گرفته است. بخش سوم و چهارم به معرفی نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق اختصاص یافته است. در بخش سوم مدل شبیه‌سازی کمی ـ کیفی ***HEC-5Q*** به اجمال معرفی و قابلیتهای آن بررسی شده است. در بخش چهارم مدلهای برنامه‌ریزی پویا که در بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن سدها به کار می‌روند به همراه سابقه‌ای از تغییرات ساختاری این مدلها در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در پایان این بخش متدولوژی استفاده از مدلهای بهره‌برداری و تلفیق آنها با قابلیتهای شبیه‌سازی کیفی در مدل ***HEC-5Q*** تدوین و ارائه شده است.

بخش پنجم این پایان‌نامه به ارائه و بررسی نتایج اعمال سیاستهای کمی ـ کیفی در بهبود وضعیت کیفی مخزن سد پانزده خرداد و کاهش شوری خروجی اختصاص یافته است. با توجه به گستردگی عوامل مؤثر بر کیفیت آب در مخازن و پیچیدگی مدلهای کامل شبیه‌سازی کیفیت آب در مخازن، با محدود نمودن پارامترها، سیاستهای بهینه در بهره‌برداری مخزن سد پانزده خرداد در یک دوره ۴۸ ساله تعیین شده است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که با اعمال خسارت در صورت انحراف از معیارهای مطلوب شوری خروجی از مخزن، علاوه بر بهبود نسبی کیفیت آب خروجی از مخزن در درازمدت، تغییرات شوری در مخزن در درازمدت قابل بررسی و مقایسه است.