محیط‌شناسی، دورهٔ ٤١، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٤، صفحهٔ ٧٤٣-٧٢١

تحلیل آثار محیط‌زیستی طرح‌های سدسازی برای تعیین گزینهٔ منتخب (مطالعهٔ موردی: سد و نیروگاه کلات)

فائزه ترکیانفر* [1]، امیرحسین صادق‌پور [2]، مهناز میرنوروزی [3]

۱. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران
۲. استادیار گروه معماری، دانشکدهٔ معماری و هنر، دانشگاه کاشان، sadeghpour@kashanu.ac.ir
۳. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران
mirnorouzi@gmail.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹٤/۷/۱۱

چکیده

در این مطالعه با هدف توسعهٔ پایدار، تعیین ساختگاه منتخب پروژهٔ سد و نیروگاه کلات واقع در استان کهگیلویه و بویر احمد از بین سه ساختگاه ممکن انجام شده است. مراحل انجام این مطالعه عبارت است از: شناخت پروژه و محیط‌زیست تحت اثر، ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه، تعیین و بررسی معیارهای محیط‌زیستی از طریق روش چک‌لیست و نظر کارشناسی، اولویت‌بندی گزینه‌ها با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و در نهایت انتخاب گزینهٔ بهینه. ارزیابی توان اکولوژیکی ساختگاه‌ها نشان داد که بیش از ۹۱ درصد محدودهٔ گزینه‌ها در طبقهٔ مناسب و نیمه‌مناسب قرار می‌گیرند؛ بنابراین از نظر توان سرزمین احداث سد در همهٔ ساختگاه‌ها امکان‌پذیر تشخیص داده شد. به منظور تعیین گزینهٔ برتر، ۹ زیرمعیار محیط‌زیستی در قالب سه گروه اصلی فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی بررسی و ارزش‌گذاری شد. نتایج نشان داد که در تعیین گزینهٔ بهینه، به ترتیب معیارهای شرایط لرزه‌خیزی، وضعیت کاربری اراضی و وضعیت جمعیتی منطقه از اهمیت بیشتری برخوردار است. در پایان با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice و بر مبنای روش ارزیابی چندمعیاره، ساختگاه بهینه با توجه به معیارهای منتخب محیط‌زیستی معرفی شد.

کلیدواژه

اولویت‌بندی، آثار محیط‌زیستی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، چک‌لیست، سد، گزینهٔ بهینه.

۱. سرآغاز

امروزه ارزیابی اولیهٔ تمامی طرح‌ها، براساس دو معیار اصلی انجام می‌شود؛ اولین ملاک برای توجیه یک طرح، اقتصادی‌بودن آن است که به طور قطع پیامدهای اجتماعی و فرهنگی را نیز مدنظر قرار می‌دهد. اما دومین معیاری که در اواخر قرن بیستم به‌منزلهٔ ضرورت اساسی برای انتخاب و اجرای طرح‌ها پذیرفته شده است، حفظ و حراست اکولوژی ناحیهٔ طرح است. براساس این دو معیار، حد پذیرش طرح بر پایهٔ توسعهٔ پایدار قرار می‌گیرد (ریاحی و ترابی، ۱۳۸۲). Canter در سال ۱۹۹۶ اظهار کرد که با توجه به آثار تخریبی، هزینه‌بر و گاهی جبران‌ناپذیر بسیاری از پروژه‌های توسعه، ارزیابی محیط‌زیست به‌منزلهٔ ابزاری قدرتمند برای دستیابی به توسعهٔ پایدار از سال ۱۳۷۳ در ایران جایگاه قانونی یافته است.

با توجه به محدودیت منابع آبی، رشد جمعیت و توسعهٔ صنعت و کشاورزی در سالیان اخیر، به احداث سد روی رودخانه‌ها و کنترل و مهار آب‌های سطحی توجه ویژه‌ای شده است. از طرفی به علت وسعت پروژه‌های سدسازی، در مطالعات جانمایی این پروژه‌ها لازم است تمامی پارامترهای تأثیرگذار بررسی و با توجه به تأثیر

* نویسنده مسئول: Email: ftorkianfar@yahoo.com

همزمان تمام عوامل، ساختگاه بهینه تعیین شود (صادق‌پور، ۱۳۸۷). به طور کلی احداث سدهای بزرگ آثار محیطی، بیولوژیکی، بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی مهمی را در محیط اطراف خود به وجود می‌آورد، بنابراین توجه هم‌زمان به این عوامل برای کاهش آثار سوء طرح حائز اهمیت است. با توجه به عظیم‌بودن پروژه‌ها و مسائل مهندسی آب و محیط‌زیست، از قبیل متنوع‌بودن گزینه‌های مطرح در این پروژه‌ها و توجه به منافع ملی کشور، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره کاملاً منطقی، ضروری و توجیه‌پذیر است. کاربرد این روش‌ها با فعالیت‌های مس و همکاران (۱۹۶۲) آغاز و در آن مسائل تصمیم‌گیری به صورت بهینه‌سازی به روش برنامه‌ریزی خطی مطرح شد (Maass, et al., 1962).

صادق‌پور و رئیسی (۱۳۸۳) برای انتخاب موقعیت بهینهٔ سد قره‌چای از بین چهار ساختگاه ممکن، ۸ معیار مهم را برای تصمیم‌گیری تعیین کردند. آن‌ها این معیارها را در قالب سه گروه عمدهٔ شاخص‌های فنی، اقتصادی و اجتماعی تفکیک و با توجه به تأثیر هم‌زمان این سه گروه و استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره، ساختگاه بهینهٔ سد را برای ادامهٔ مطالعات مرحلهٔ دوم طرح پیشنهاد کردند. خیرخواه و همکاران (۱۳۸۷) نیز اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی در دامنه‌های شمالی کوه‌های کرکس را انجام دادند. در مرحلهٔ اول با استفاده از معیارهای حذفی، ۲۷ محدودهٔ دارای پتانسیل احداث سد زیرزمینی مشخص و از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی از بین محورهای شناسایی‌شده، ۵ محور برای انجام بررسی‌های ژئوفیزیک و تصمیم‌گیری نهایی پیشنهاد شد. بنی‌حبیب و همکاران (۱۳۹۱) برای اولویت‌بندی ساختگاه‌های احداث سد، از سه مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره[1]، وزن‌دهی ساده و برنامه‌ریزی توافقی ویکور استفاده کردند. با توجه به نظر کارشناسان در انتخاب ساختگاه سد، بالاترین امتیاز به معیار اقتصادی تعلق گرفت. نتایج وی نشان‌دهندهٔ یکسان‌بودن رتبهٔ گزینه‌ها در هر سه روش بود و به نظر می‌رسد این امر ناشی از تشابه تقریبی ساختار و روش کلی حل مسئله در این سه مدل است. Zyl و Labadie در سال ۲۰۱۱ برای تعیین ساختگاه بهینهٔ احداث سدی در شمال کلرادو امریکا از بین چهار گزینهٔ پیشنهادی، ۹ معیار از جمله گونه‌های شاخص گیاهی، مسیرهای مهاجرت گونه‌های جانوری، ارزش مالکیت اراضی، وضعیت لرزه‌خیزی و ... را بررسی و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و با کمک نرم‌افزار GIS[2] و با روی‌هم‌گذاری داده‌ها، گزینهٔ منتخب را تعیین کردند. همچنین تأکید کردند که نتایج اولویت‌بندی معیارهای فنی با معیارهای محیط‌زیستی مطابقت ندارد و در تعیین ساختگاه منتخب، شرایط محیط‌زیستی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

بررسی آثار محیط‌زیستی طرح‌های عمرانی در مرحلهٔ مطالعات امکان‌سنجی و مکان‌یابی پروژه، عاملی مهم در کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی و ابزاری برای رسیدن به توسعهٔ پایدار است. در این پژوهش، مطالعات جانمایی طرح سد و نیروگاه کلات، با به کارگیری روش چک‌لیست[3] و سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره به منظور انتخاب گزینهٔ بهینه از میان گزینه‌های ممکن، ارزیابی شده است. این طرح به منظور تأمین اهداف ذخیره، کنترل سیلاب و تولید نیروی برق از پتانسیل آبی رودخانهٔ مارون در دست مطالعه قرار دارد.

۲. مواد و و روش‌ها

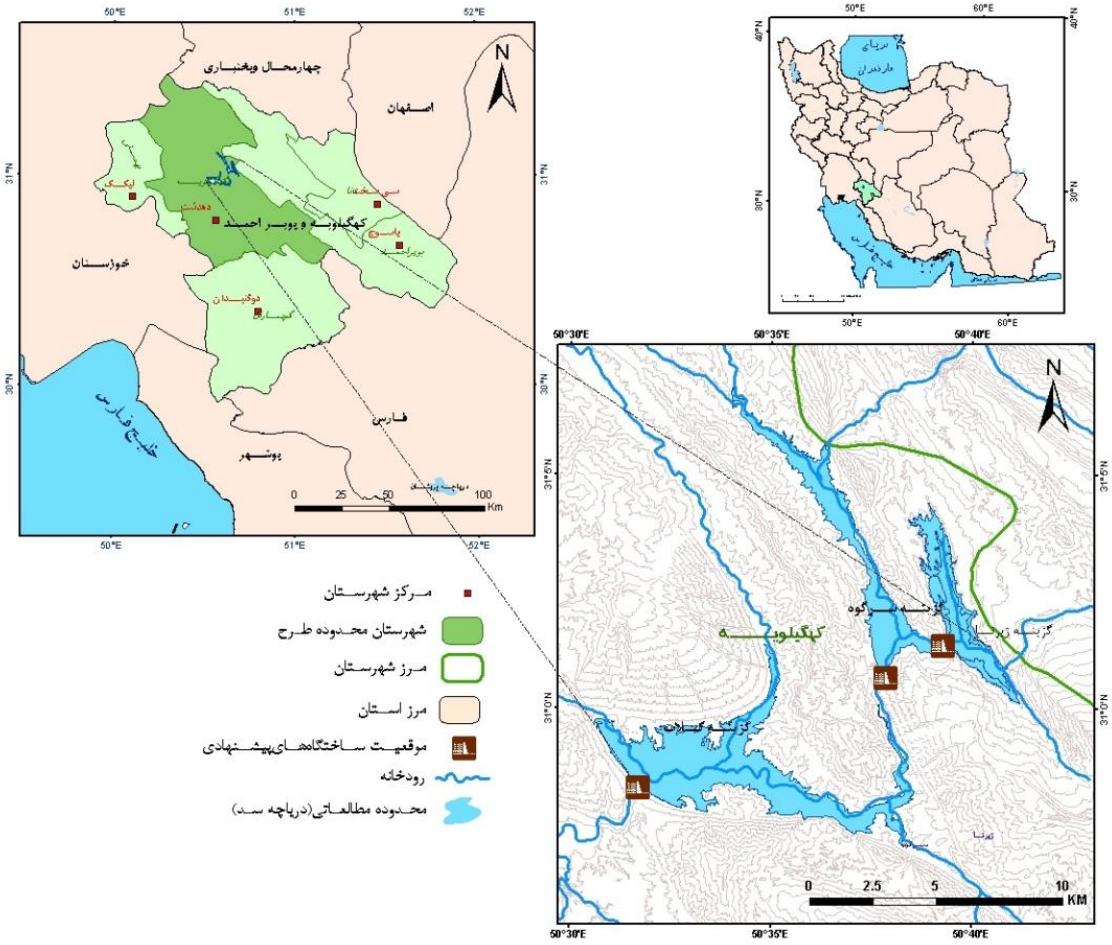
۱.۲. منطقهٔ مورد مطالعه

سد و نیروگاه کلات در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ مارون، در استان کهگیلویه و بویر احمد، شهرستان کهگیلویه واقع شده است. بررسی تیم‌های مختلف کارشناسی نشان داد که در محدودهٔ این رودخانه سه ساختگاه ممکن برای احداث سد و نیروگاه وجود دارد. در این تحقیق به منظور انتخاب گزینهٔ بهینه در طرح سد و نیروگاه کلات با تأکید بر معیارهای محیط‌زیستی، سه گزینهٔ کلات، سرکوه و زیرنا بررسی و مقایسه شده است.

گزینهٔ کلات در نزدیکی روستای کلات، گزینهٔ سرکوه در فاصلهٔ ۳/۳ کیلومتری شمال‌غربی روستای عشایری سرکوه و گزینهٔ زیرنا در فاصلهٔ یک کیلومتری جنوب‌غربی روستای آبریزک واقع شده است. جدول ۱ مهم‌ترین مشخصات فنی گزینه‌های تحت بررسی و شکل ۱ نقشهٔ موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مطالعاتی را نشان می‌دهد (مهندسین مشاور لار، ۱۳۹۲).

جدول ۱. مشخصات فنی گزینه‌های تحت بررسی در طرح سد و نیروگاه کلات

گزینه	تراز تاج سد (متر از سطح دریا)	ارتفاع سد از بستر رودخانه (متر)	مساحت مخزن (هکتار)	حجم مخزن (میلیون متر مکعب)	فاصله تا نزدیک‌ترین شهر- دهدشت (کیلومتر)
کلات	۸۳۰	۱۳۰	۲۱۲۰	۱۳۱۳	۲۰
سرکوه	۱۰۲۰	۱۸۰	۱۳۴۰	۷۰۴	۶۰
زیرنا	۱۰۷۰	۱۷۰	۷۵۰	۴۲۳	۹۵



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مطالعاتی

۲.۲. ویژگی‌های محیط‌زیست تحت اثر

در این تحقیق محدوده‌های مطالعاتی محیط‌زیستی با در نظر گرفتن محیط‌های تأثیرپذیر و تأثیرگذار، ماهیت پروژه و فعالیت‌های جانبی آن، شرایط محیطی منطقه نظیر توپوگرافی، بوم‌شناختی، حساسیت اکولوژیک، نظام هیدرولوژی و ساختار اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی به سه محدودهٔ بلافصل، اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی تفکیک و بررسی شدند. محدودهٔ بلافصل شامل محور و مخزن گزینه‌ها، محل منابع قرضه، سایت کارگاه، محل نیروگاه و دپوی مصالح و جاده‌های دسترسی است. محدودهٔ اکولوژیکی محیطی است که اطراف مرز گزینه‌ها قرار دارد و تحت تأثیر مستقیم پروژه است. در این محدوده منابع آلایندهٔ متمرکز و غیرمتمرکزی به رودخانه و محدودهٔ مخزن وارد می‌شوند و آثار مستقیم و تشدیدکننده‌ای را در احداث پروژه در آلودگی‌های محیطی القا می‌کنند. نقاط جمعیتی که در نزدیکی ساختگاه گزینه‌ها واقع شده‌اند و معمولاً در فاز ساختمانی به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌گیرند، محدودهٔ مستقیم و شهرستان کهگیلویه محدودهٔ غیرمستقیم مطالعات اقتصادی- اجتماعی است.

منطقهٔ مطالعاتی با حداکثر و حداقل ارتفاع به ترتیب برابر ۳۴۸۶ و ۶۸۵ متر از سطح دریا در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ مارون قرار دارد. نوع اقلیم در حوضه‌های آبریز و ساختگاه‌های مطالعاتی براساس روش دومارتن از نوع نیمه‌خشک است. از لحاظ ساختار زمین‌شناسی، این محدوده در بخش میانی زاگرس به نام زاگرس چین‌خورده قرار می‌گیرد که بخش قابل توجهی (بیش از ۵۴ درصد) از مخزن گزینهٔ کلات از پادگان‌های آبرفتی تشکیل شده است. تنها گسل اصلی آن کلات است که دارای فاصلهٔ حداقل ۶ کیلومتر تا موقعیت ساختگاه است. بیشترین تنوع سازند در مخزن گزینهٔ سرکوه مشاهده می‌شود. از گسل‌های عمدهٔ این گزینه می‌توان گسل زیرنا را نام برد که بخش‌هایی از مخزن در تنگ زیرنا و رودخانهٔ شور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، این گسل از ساختگاه گزینهٔ زیرنا نیز عبور می‌کند.

در این مرحله از تحقیق به کمک نقشهٔ زمین‌شناسی و مدل سنگ‌ها براساس مرجع شالودهٔ آمایش سرزمین، با توجه به نوع سنگ بستر نقشهٔ نفوذپذیری محدودهٔ مخازن تعیین شد (مخدوم، ۱۳۹۱). در این نقشه محدودهٔ مطالعاتی در سه پهنهٔ مناسب، نیمه‌مناسب و نامناسب طبقه‌بندی شده است.

بررسی فرسایش خاک در حوضه‌های آبریز مشرف به مخزن هر سه گزینه نشان می‌دهد که طبقهٔ فرسایشی با شدت خیلی زیاد در منطقهٔ مطالعاتی مشاهده نمی‌شود. اراضی با فرسایش‌پذیری کم، بیشترین درصد سطح حوضه‌ها به‌ویژه حوضهٔ آبریز گزینهٔ زیرنا را تشکیل می‌دهند (سازمان جنگل‌ها و مراتع، ۱۳۸۰). بنابراین گزینه‌ها از لحاظ فرسایش در وضعیت مطلوبی قرار دارند.

از نظر برآورد بار آلودگی ورودی از حوضه‌ها به مخزن‌ها، با استفاده از شاخص کاربری اراضی، بهترین گزینه زیرنا و نامناسب‌ترین سرکوه است. در جدول ۲ مشخصات بخش فیزیکی گزینه‌ها بررسی و مقایسه شده است.

پوشش گیاهی مخزن گزینهٔ کلات از گونه‌های بلوط ایرانی (Quercus brantii)، بادامک (Amigdalus scoparia)، کنار (Ziziphus.sp)، بنه (Pistacia atlantica)، خنجک (Pistacia khinjuk)، بنگله (Vitex pseudo-negundo)، اوکالیپتوس (Eucalyptus camaldulensis)، باغ‌های مرکبات و درصدی نیز اراضی زیتون و کشاورزی (دیم و آبی) است. درختان بلوط گونهٔ غالب در محدودهٔ گزینهٔ سرکوه و زیرنا به شمار می‌روند و گونه‌های بنه و خنجک به تعداد کم در میان جامعهٔ گیاهی پراکنده‌اند.

جدول ۲. مشخصات بخش فیزیکی گزینه‌های تحت بررسی در طرح سد و نیروگاه کلات

پارامتر		کلات	سرکوه	زیرنا
هیدرولوژی	متوسط آبدهی (متر مکعب بر ثانیه)	۴۳/۸	۲۲/۷	۱۲/۴
	متوسط حجم رواناب سالانه (میلیون متر مکعب)	۱۳۷۵	۷۱۲	۳۸۹
	آورد رسوب کل (تن در سال در کیلومتر مربع)	۱۹۱۰	۱۶۶۴	۱۵۴۵
	تخلیهٔ رسوب به مخزن (میلیون تن)	۴/۹	۲/۷	۱/۸
فرسایش‌پذیری خاک (کیلومتر مربع)	زیاد (IV)	۵۲/۳	–	–
	متوسط (III)	۲۲۲/۲	۱۵۹/۸	۵۷/۴
	کم (II)	۲۸۷	۳۰۳/۲	۱۶۹/۸
	خیلی کم (I)	۷/۵	۲۸/۷	۲۸/۶
هوا و اقلیم	بارش میانگین سالانه (میلی‌متر)	۷۴۰	۹۶۸	۹۰۵
	دمای میانگین سالانه (سانتی‌گراد)	۲۲	۲۱	۲۰/۴

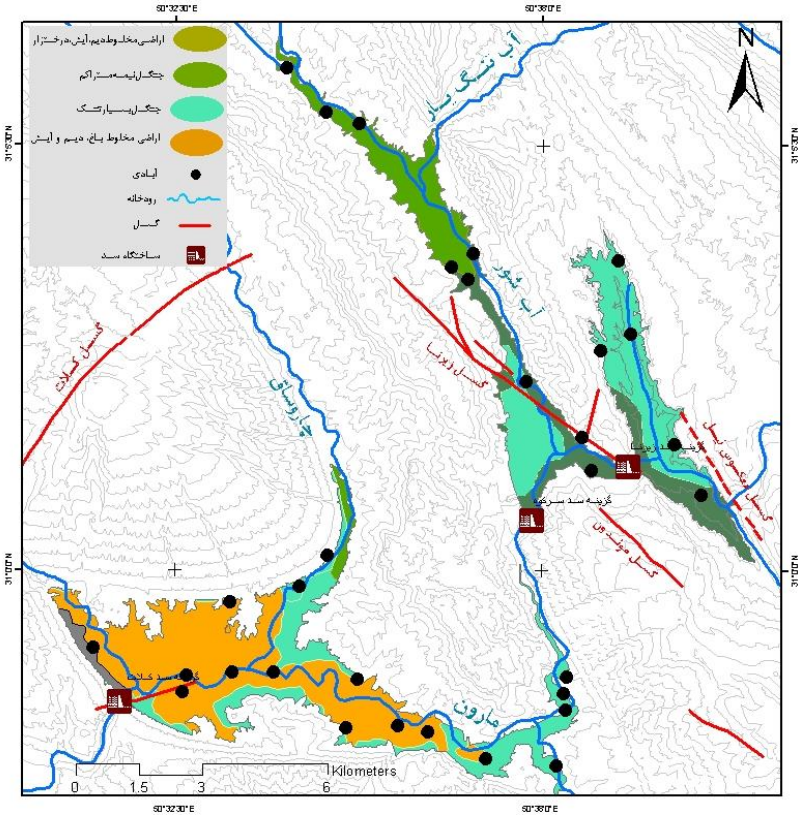
مخزن گزینه‌ها زیستگاه گونه‌های جانوری شاخص از جمله گرگ، روباه، شغال و سنجاب در محیط خشکی و شنگ (به‌ویژه گزینهٔ کلات) و ماهیان جنس باربوس در زیستگاه آبی است (عبدلی، ۱۳۸۷).

در محدودهٔ مخزن سد در گزینهٔ کلات طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰، تعداد ۱۵ روستا با ۷۰۹ خانوار و جمعیت ۲۹۲۰ نفر قرار می‌گیرد. در صورت انتخاب گزینهٔ سرکوه، ۸ روستا در محدودهٔ مخزن قرار می‌گیرند و جمعیتی بالغ بر ۴۹۸ نفر در قالب ۱۲۵ خانوار، مجبور به ترک محل زندگی خود و سکنی‌گزیدن در مکانی دیگر می‌شوند. در گزینهٔ زیرنا نیز ۲ روستا با ۴۶ خانوار و ۲۳۴ نفر جمعیت در محدودهٔ مخزن وجود دارند که پس از آبگیری تحت تأثیر قرار می‌گیرند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۲).

از نظر آثار تاریخی و مذهبی، امامزاده پیرعباس در روستای کلات و امامزاده احمد در روستای لیرکک و پل تاریخی قلعه‌دختر واقع در ۲۵۰ متری روستای قلعه‌دختر در محدودهٔ مخزن کلات واقع شده‌اند که با آبگیری مخزن زیر آب خواهند رفت. در محدودهٔ گزینهٔ سرکوه و زیرنا هیچ بنای تاریخی و مذهبی وجود ندارد. از کل سطح مخزن گزینهٔ کلات به مساحت ۲۱۲۰ هکتار، باغ و مرتع متوسط، اراضی دیم و آیش با ۶۵/۳ درصد بیشترین کاربری مخزن را دارند. پس از این کاربری، جنگل‌های تنک، با اختصاص ۲۹/۶ درصد از مساحت مخزن در رتبهٔ بعدی قرار می‌گیرند و مابقی را اراضی بایر تحت پوشش قرار می‌دهند. در محدودهٔ مخزن گزینهٔ سرکوه بیش از ۶۷ درصد اراضی را جنگل‌های نیمه‌متراکم و تنک و کمتر از ۳۳ درصد اراضی را دیم و آیش می‌پوشاند. در محدودهٔ مخزن گزینهٔ زیرنا، کاربری اصلی منطقه پوشش جنگلی است که ۶۸/۷ درصد را جنگل‌های تنک و ۳۱/۳ درصد را جنگل‌های نیمه‌متراکم می‌پوشاند. این گزینه دارای پوشش جنگلی کامل است، اما به لحاظ وسعت، بسیار کوچک‌تر از گزینهٔ سرکوه است و مساحت کمتری از جنگل‌های با

تراکم متوسط را به خود اختصاص می‌دهد (سازمان جنگل‌ها و مراتع، ۱۳۸۷). بخشی از مهم‌ترین ویژگی‌های زیستی گزینه‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

شایان یادآوری است که براساس بررسی‌های اولیهٔ گزینه‌های سه‌گانهٔ این طرح، به نظر می‌رسید که به دلیل برخی امتیازات مهم از جمله کمتربودن مسائل اجتماعی ناشی از جابه‌جایی اهالی، وجود جاده‌های دسترسی، خسارت مخزن محدودتر و شرایط اماکن دارای ارزش فرهنگی، گزینهٔ سرکوه در مقایسه با دو گزینهٔ دیگر در اولویت قرار می‌گیرد. در این تحقیق با توجه به تمامی معیارهای دخیل در مطالعات امکان‌سنجی، این موضوع بررسی و صحت‌سنجی شده است.



شکل ۲. مهم‌ترین ویژگی‌های زیستی گزینه‌های تحت بررسی

۳.۲. روش کار

برای تعیین وضعیت توان اکولوژیکی محدودهٔ مخازن سدها در سه گزینهٔ تحت بررسی با استفاده از نقشه‌های شیب، سنگ بستر (از نظر میزان نفوذپذیری) و پوشش‌گیاهی (از نظر تراکم) و با در نظر گرفتن خصوصیات و شرایط محدوده، مدل بررسی تناسب اکولوژیکی صنعتی در سه طبقه به شرح زیر طبقه‌بندی شد:

طبقهٔ اول: شیب: ۰–۱۳ درصد؛ پوشش گیاهی: کم‌تراکم (کمتر از ۱۰ درصد)؛ زمین‌شناسی: سنگ مادر از نوع رس، دشت‌های سیلابی.

طبقهٔ دوم: شیب: ۱۳–۲۰ درصد؛ پوشش گیاهی: نیمه‌متراکم (۴۰–۶۵ درصد)؛ زمین‌شناسی: سنگ مادر از نوع سنگ آهک، ماسه‌سنگ همراه سیلت.

طبقهٔ نامناسب: شیب: بیشتر از ۲۰ درصد؛ پوشش

گیاهی: متراکم (بیشتر از ۶۵ درصد)؛ زمین‌شناسی: سنگ مادر از آبرفت‌های دره‌ساز، مخروطه‌افکنه.

مراحل طی‌شده برای انجام فرایند ارزیابی توان اکولوژیکی شامل:

نقشهٔ شیب در سه طبقه (۰-۱۳ درصد) و (۱۳-۲۰ درصد) و بزرگ‌تر از ۲۰ درصد از روی نقشهٔ توپوگرافی به کمک نرم‌افزار GIS تهیه شد.

- نقشهٔ وضعیت نفوذپذیری، با توجه به ترکیب سنگ‌های واحد زمین‌شناسی محدودهٔ مخازن، براساس جدول ۳ تعیین شد.
- وضعیت تراکم پوشش گیاهی منطقه در ۲ طبقهٔ مناسب (درجهٔ ۱) و نیمه‌مناسب (درجهٔ ۲) به شرح جدول ۳ طبقه‌بندی شد.

جدول ۳. طبقات نفوذپذیری و تراکم تاج پوشش گیاهی محدودهٔ مخزن گزینه‌ها

طبقات	نفوذپذیری		تراکم تاج پوشش گیاهی	
	سازند	وضعیت	واحد	وضعیت
۱	پابده، گورپی و گچساران	مناسب	مخلوط باغ، دیم و آیش و مرتع متوسط، اراضی بایر، جنگل‌های بسیار تنک	مناسب
۲	سروک، آغاجاری	نیمه‌مناسب	جنگل‌های نیمه‌متراکم، مخلوط دیم، آیش و درختزار	نیمه‌مناسب
۳	نهشته‌های عهد حاضر	نامناسب	جنگل‌های متراکم	نامناسب

پس از تبدیل نقشه‌های خام منابع به لایه‌های قابل تلفیق در ارزیابی، روی‌هم‌اندازی نقشه‌های منابع انتخابی انجام شد. در مرحلهٔ بعد با توجه به مدل توسعهٔ شهری، صنعتی و روستایی و ویژگی‌های اکولوژیکی خاص منطقه، نقشهٔ توان اکولوژیکی منطقه تهیه شد. بعد از تعیین توان اکولوژیکی منطقه به منظور انتخاب گزینهٔ برتر، از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد.

تکنیک تصمیم چندمعیاره، روشی مناسب برای تحلیل مسائل پیچیده است که با ترکیبی از داده‌های کمّی و کیفی شامل نظرهای کارشناسان همراه است. این تکنیک، توانایی تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه از طریق تجمیع خصیصه‌های مختلف برای انتخاب گزینه‌های مستقل را دارد (Belton and Stewart, 2002). به منظور ارزیابی چندمعیارهٔ طرح‌ها، تاکنون روش‌های مختلفی ارائه شده است که با انجام آن‌ها امکان بررسی همزمان پارامترهای مختلف فنی، اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی و ... به وجود خواهد آمد (اصغرپور، ۱۳۷۷). روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)[۴] از جامع‌ترین و معمول‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده است که امکان در نظر گرفتن معیارهای کمّی و کیفی مختلف را نیز به تصمیم‌گیرنده می‌دهد (Saaty, 2008). در این تحقیق به منظور تعیین گزینهٔ برتر احداث سد و نیروگاه کلات از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

اولین گام در انجام فرایند سلسله‌مراتبی، ایجاد ساختار در سه سطح است که سطح اول هدف: انتخاب بهترین گزینه، سطح دوم عوامل: معیارها و سطح سوم طرح‌های مورد انتخاب: گزینه‌های تحت بررسی را تشکیل می‌دهند. به منظور تعیین معیارها از روش چک‌لیست استفاده شده است. در این روش آثار ناشی از اجرای هر یک از گزینه‌ها در محیط‌زیست آن پیش‌بینی و توصیف و ماهیت، نوع و گستردگی آن‌ها مشخص و براساس نتایج چک‌لیست، تأثیر

معیارهای اولیه تعیین می‌شود. شایان یادآوری است که معیارها به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که در گزینه‌های تحت بررسی قابل مقایسه باشند. این روش شامل فهرست استانداردی از نوع آثار در خصوص نوع خاصی از پروژه است. استفاده از این روش عموماً به منظور دسته‌بندی اطلاعات یا حصول اطمینان از پوشش‌دادن به تمامی آثار احتمالی به کار می‌رود. در این پژوهش با در نظر گرفتن ملاحظات محیط‌زیستی ۹ زیرمعیار در سه گروه اصلی فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی انتخاب شد.

گام دوم پس از تعیین معیارها، تعیین وزن یا ضریب اهمیت آن‌هاست. بدین‌منظور فهرستی از معیارها همراه مشخصات محدودهٔ مطالعاتی برای تأیید و تعیین ضرایب اهمیت آن‌ها در اختیار گروهی از صاحب‌نظران و کارشناسان باتجربهٔ رشته‌های محیط‌زیست، عمران، زمین‌شناسی و ... قرار گرفت. براساس نتایج معیارها از نظر اهمیت در سه گروه طبقه‌بندی شدند؛ گروه اول: کاربری اراضی، گونه‌های گیاهی در خطر تهدید و دارای ارزش گیاهی و مراکز جمعیتی روستایی با بیشترین ضریب اهمیت، گروه دوم: گسل، مالکیت، اماکن دارای ارزش فرهنگی و طرح‌های توسعه با ضریب اهمیت متوسط و گروه سوم: گونه‌های جانوری شاخص و محدودهٔ عملیات اجرایی طرح با ضریب اهمیت کم.

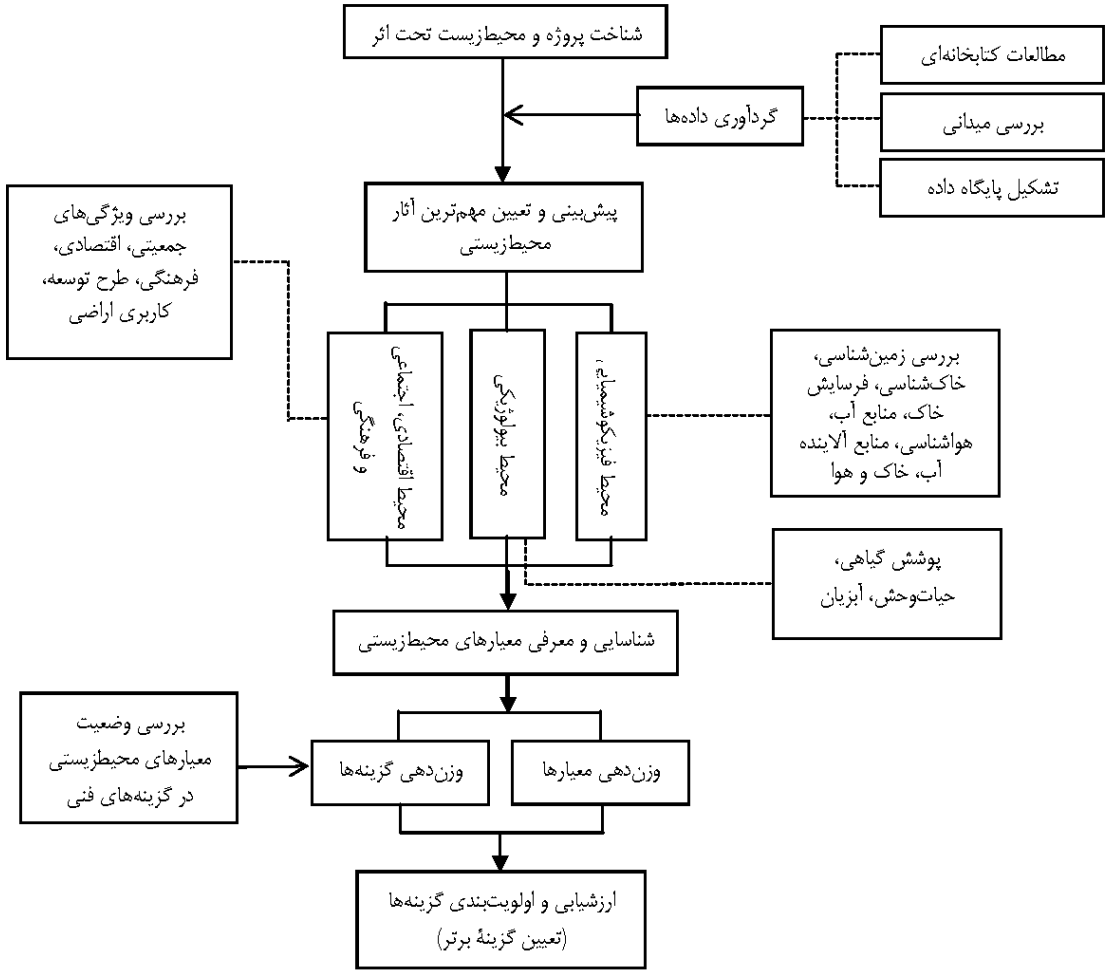
بر این اساس برای ارزش یک معیار نسبت به معیار دیگر، ارزش عددی از ۱ تا ۹ در نظر گرفته می‌شود؛ به گونه‌ای که دو معیار که ارزش یکسانی دارند ارزش عددی یک و چنانکه اهمیت و اولویت در به کارگیری یک معیار بی‌نهایت بیشتر از معیار دیگری باشد، ارزش نسبی آن ۹ در نظر گرفته می‌شود و اعداد بینابینی براساس اهمیت نسبی معیار تعیین می‌شوند.

در گام سوم براساس ضرایب اهمیت معیارها و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، وزن هر یک از شاخص‌ها نسبت به شاخص سطح بالاتر (وزن نسبی) در هر معیار اصلی (فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی) محاسبه می‌شود. این مقایسه و وزن‌دهی به صورت زوجی بین معیارها انجام می‌شود.

در گام چهارم، گزینه‌ها به صورت زوجی به تفکیک در هر زیرمعیار مقایسه و وزن‌دهی می‌شوند و در آخرین گام با تلفیق وزن‌های نسبی گزینه‌ها و معیارها، وزن نهایی هر گزینه محاسبه می‌شود. در نهایت هر گزینه‌ای که وزن بیشتری را کسب کند، درجهٔ اهمیت بیشتری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد و در اولویت اول قرار می‌گیرد. روش‌شناسی استفاده‌شده در این تحقیق بر مبنای نمودار ۱ است.

۳. یافته‌ها و نتایج

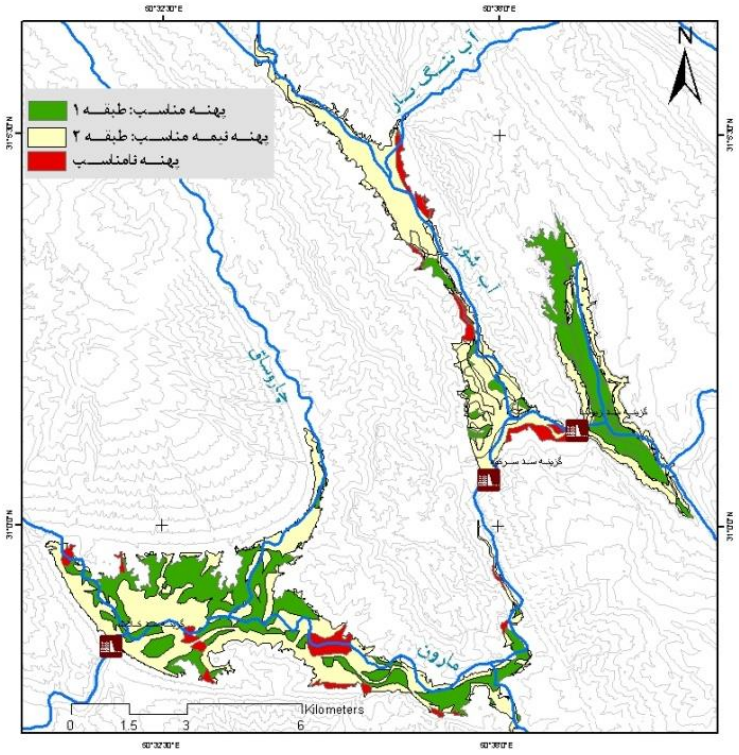
با توجه به نتیجهٔ ارزیابی توان، محدودهٔ اکولوژیکی مخازن به سه پهنه تقسیم شد. طبقه‌بندی توان اکولوژیکی سطح مخازن سدها در جدول ۴ و شکل ۳ نشان داده شده است. به طوری که جدول ۴ نشان می‌دهد کل محدودهٔ دریاچهٔ گزینهٔ زیرنا از نظر توان صنعتی دارای توان طبقهٔ ۱ و ۲ است و اراضی با طبقهٔ نامناسب در این گزینه قرار نمی‌گیرند که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به وجود سازندهای پابده، گورپی و سروک با سنگ بستر رس و آهک در محدودهٔ مخزن اشاره کرد. شایان یادآوری است که سهم اندک قرارگیری دو گزینهٔ کلات و سرکوه در طبقهٔ نامناسب صرفاً به دلیل مشخصه‌های شیب و پوشش گیاهی است و مسائلی همچون نفوذپذیری زیاد، وجود کارست یا سازندهای شور یا سایر شرایط نامناسب خاص در محدودهٔ هیچ‌یک از این گزینه‌ها وجود ندارد.



نمودار ۱. روش‌شناسی استفاده‌شده در تحقیق

جدول ۴. طبقه‌بندی توان اکولوژیکی سطح مخازن گزینه‌های تحت بررسی

گزینه	طبقهٔ ۱		طبقهٔ ۲		طبقهٔ نامناسب	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
کلات	۸۳۲	۳۹/۳	۱۱۵۰	۵۴/۳	۱۳۷	۶/۴
سرکوه	۳۱۵	۲۳/۵	۹۰۶	۶۷/۷	۱۱۸	۸/۸
زیرنا	۴۳۰	۵۷/۲	۳۲۱	۴۲/۸	–	–



شکل ۳. توان اکولوژیکی منطقه

نقشهٔ توان اکولوژیکی محدوده نشان می‌دهد که ۱۰۰ درصد سطح مخزن گزینهٔ زیرنا و بیش از ۹۱ درصد سطح مخزن گزینه‌های سرکوه و کلات در طبقهٔ ۱ و ۲ (مناسب و نیمه‌مناسب) قرار می‌گیرد. بنابراین، در مجموع توسعه در هر سه گزینهٔ مورد مطالعه در بستر محیط‌زیستی نسبتاً مناسب انجام می‌شود؛ بنابراین با توجه به وجود معیارهای متفاوت برای تعیین گزینهٔ برتر، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در ادامهٔ مطالعات استفاده می‌شود.

براساس مطالعات پایه و وضعیت موجود محیط‌زیست محدودهٔ مطالعاتی، آثار محیط‌زیستی طرح به منظور تعیین معیارهای محیط‌زیستی (شاخص‌ها) به روش چک‌لیست بررسی شد. پیش‌بینی آثار از دیدگاه مثبت و منفی، مستقیم و غیرمستقیم، کوتاه و بلندمدت و آثار اجتناب‌ناپذیر و برگشت‌ناپذیر در بخش‌های فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی و به تفکیک مرحلهٔ ساختمانی و بهره‌برداری به شرح زیر صورت گرفت.

الف) مهم‌ترین آثار احداث طرح در محیط‌زیست منطقه در محیط فیزیکی

- زلزلهٔ القایی: مطابق دستورالعمل کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ[5] (نجمایی، ۱۳۸۲)، با توجه به حجم مخزن و ارتفاع گزینهٔ کلات، وقوع زلزلهٔ القایی از احتمال بیشتری نسبت به دو گزینهٔ سرکوه و زیرنا برخوردار است. همچنین، نظر به قرارگیری محور گزینهٔ زیرنا روی گسل و وجود گسل مایل نیل در مخزن آن، در صورت ایجاد زلزلهٔ القایی تأثیر بیشتری نسبت به گزینهٔ سرکوه دارد.
- رژیم سیلابی: حداکثر سیلاب محتمل (PMF)[6] در محل ساختگاه گزینه‌های کلات، سرکوه و زیرنا به ترتیب ۱۸۳۰۰، ۱۲۶۶۰ و ۸۹۸۰ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. اگرچه سیلاب هر ساله موجب حاصلخیز و غنی‌شدن اراضی کشاورزی و به تبع آن موجب اصلاح بافت خاک می‌شود و مواد مغذی که از طریق گیاهان از زمین گرفته شده‌اند، جبران می‌شوند، اما به دلیل اهمیت بالای تأثیرات اقتصادی- اجتماعی کنترل سیلاب از طریق سدها، این پدیده از تأثیرات مثبت اجرای پروژه قلمداد می‌شود که با

شدت زیاد و به طور دائمی و برگشت‌ناپذیر بروز می‌کند.

- ریخت‌شناسی رودخانه: دریاچهٔ تشکیل‌شده در گزینهٔ کلات حدود ۱۸ کیلومتر از رودخانهٔ مارون، ۷ کیلومتر از رودخانهٔ چاروساق و ۴ کیلومتر از رودخانهٔ دره‌دلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین این گزینه در مجموع ۲۹ کیلومتر از اکوسیستم رودخانه‌ای را دستخوش تغییر می‌کند. دریاچهٔ گزینهٔ سرکوه جمعاً ۲۰/۵ کیلومتر از اکوسیستم رودخانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مخزن گزینهٔ زیرنا نیز رودخانهٔ مارون را در طول ۳/۲ کیلومتری متأثر می‌کند. آبگیری مخزن با تغییر در مورفولوژی رودخانه می‌تواند شرایط اکولوژی رودخانه را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. این اثر از تأثیرات دائمی، برگشت‌ناپذیر و نامطلوب طرح محسوب می‌شود.
- لایه‌بندی حرارتی: با احداث سد و نیروگاه کلات بر رودخانهٔ مارون، دو تغییر اساسی اتفاق خواهد افتاد؛ یکی کاهش سرعت آب رودخانه از محل ورود به دریاچه و ماندگاری آب در مخزن سد و دیگری ایجاد لایه‌بندی حرارتی ناشی از تغییر دما و چگالی آب در اعماق مختلف که سبب ایجاد لایه‌های مختلف با کیفیت متفاوت می‌شود. به منظور بررسی لایه‌بندی حرارتی مخزن گزینه‌ها، از رابطهٔ تعیین عدد فرود[۷] در حالت یک‌بعدی استفاده شده است (Orlob, 1983).

$$Fr = 320\,\frac{L \times Q}{D \times V}$$

در این رابطه: Fr= عدد فرود؛ L= طول دریاچهٔ مخزن سد (متر)؛ Q= دبی ورودی به مخزن (متر مکعب بر ثانیه)؛ D= عمق متوسط مخزن (متر)؛ V= حجم مخزن (متر مکعب).

در روش اورلاب براساس مقدار شاخص فرود، سه حالت شدید، ضعیف و اختلاط کامل برای پدیدهٔ لایه‌بندی حرارتی تعیین می‌شود. میزان شاخص فرود محاسبه‌شده در مخازن گزینه‌های کلات، سرکوه و زیرنا در جدول ۵ ارائه شد. مقایسهٔ نتایج با حالت‌های مختلف روش اورلاب نشان می‌دهد که با فرض پربودن مخزن در هر سه گزینه، احتمال وقوع پدیدهٔ لایه‌بندی شدید وجود دارد.

جدول ۵. مشخصات گزینه‌ها و محاسبهٔ میزان شاخص فرود

گزینه	Q (متر مکعب بر ثانیه)	V (میلیون متر مکعب)	L (متر)	D (متر)	شاخص فرود
کلات	۴۳/۸۱	۱۳۱۳	۱۴۹۵۰	۲۸/۹	۰/۰۰۵
سرکوه	۲۲/۶۶	۷۰۴	۶۲۰۰	۳۲/۳	۰/۰۰۲
زیرنا	۱۲/۴۴	۴۲۳	۲۶۴۵	۳۲	۰/۰۰۸

- تغذیه‌گرایی مخزن: از شاخص تغذیه (TSI)[۸] برای تعیین میزان تغذیه‌گرایی مخزن گزینه‌ها استفاده شده است. این شاخص را کارلسون ارائه کرده است و بر مبنای مقدار فسفر کل از طریق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود (Carlson, 1977).

TSI = 14.42 Ln Total phosphorus (µg/L) + 4.15

براساس این شاخص، اگر TSI < ۴۰ باشد شرایط کیفی مخزن در وضعیت شاداب یا سطح الیگوتروفیک[۹] است. اگر ۵۰ > TSI باشد در وضعیت مغذی که شامل سطح یوتروفیک[۱۰] و هیپریوتروفیک[۱۱] است و در حالتی که ۵۰ > TSI >۴۰ باشد مخزن در وضعیت نیمه‌مغذی یا سطح مزوتروفیک[۱۲] قرار دارد (Cheng and Lei, 2001). به منظور محاسبهٔ این شاخص باید میزان بار آلودگی ورودی به مخزن سد (بار نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای) برآورد شود. دو

روش تجربی و جرمی برای این کار وجود دارد (Chapra, 1997) که در این تحقیق از روش تجربی به شرح زیر استفاده شده است:

بار نقطه‌ای: شامل کانون‌های مشخص آلودگی، مانند فاضلاب‌های شهری و صنعتی است. سرانهٔ مصرف آب در روستاهای منطقه ۲۲۳ لیتر به ازای هر نفر در روز و ضریب تبدیل پساب ۰/۷۵ است. از کل پساب تولیدی، ۳۰ درصد وارد منابع آب سطحی می‌شود. براساس منابع موجود میزان فسفر در فاضلاب‌های خانگی ضعیف، متوسط و قوی به ترتیب ۴، ۸ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر است (David, et al., 1996).

بار غیرنقطه‌ای: منبع اصلی این آلودگی‌ها اراضی کشاورزی است که با جاری‌شدن، آلودگی ناشی از این منابع به محیط آبی وارد می‌شود. به منظور برآورد میزان فسفر تولیدی از منابع غیرنقطه‌ای براساس کاربری اراضی، از راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ استفاده شده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۰)، (US EPA, 2000). خلاصهٔ نتایج محاسبات بار آلودگی و شاخص تغذیه در محدودهٔ حوضه‌های مشرف به سد در گزینه‌های کلات، سرکوه و زیرنا در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به نتایج شاخص کیفی تغذیه برای هر سه گزینه براساس فسفر و با استفاده از رابطهٔ بالا در مرحلهٔ اولیگوتروفیک قرار خواهد گرفت که به معنی شرایط کیفی «شاداب» است.

جدول ۶. بار آلودگی ناشی از فسفر در حوضه‌های گزینهٔ سد کلات، سرکوه و زیرنا (کیلوگرم در سال)

گزینه	منابع نقطه‌ای	منابع غیرنقطه‌ای	جمع	شاخص تغذیه (TSI)
کلات	۱۱۵۷/۵۴	۹۹۳۰/۹۸	۱۱۰۸۸/۵۲	۳۴/۹
سرکوه	۸۴۶/۹۴	۶۷۱۵/۹۸	۷۵۶۲/۹۲	۳۸/۴
زیرنا	۴۴۰/۰۴	۲۹۲۶	۳۳۶۶/۰۴	۳۴

به منظور کنترل مجدد نتیجه، شرایط تغذیه‌گرایی مخازن گزینه‌ها براساس نمودار والن وایدر برحسب زمان ماند، عمق متوسط و بار فسفر ورودی به سه گزینه نیز بررسی شد. مقادیر به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ شرایط تغذیه‌گرایی در هر سه گزینه است؛ همچنین سطح مراحل اولیهٔ اولیگوتروفیک را نشان می‌دهد که نشان از پاک‌بودن آب و تأیید روش قبلی دارد.

در جدول ۷ وضعیت آثار پیش‌بینی‌شده در بخش فیزیکی از نظر برگشت‌پذیری، دامنه، مدت، ماهیت، اهمیت و شدت اثر به تفکیک مرحلهٔ ساختمانی، بهره‌برداری و گزینه‌های تحت بررسی ارائه شده است.

ب) مهم‌ترین تأثیر احداث طرح در محیط‌زیست منطقه در محیط بیولوژیکی

- پوشش گیاهی (مرحلهٔ بهره‌برداری): براساس نقشهٔ کاربری اراضی (سازمان جنگل‌ها و مراتع، ۱۳۸۷)، عمدهٔ پوشش اراضی منطقهٔ طرح در ردیف جنگل‌های بسیار تنک و نیمه‌متراکم طبقه‌بندی شده‌اند. با آبگیری گزینهٔ کلات ۶/۳ کیلومتر مربع از جنگل‌های بسیار تنک زیر آب خواهند رفت. ۴/۸ کیلومتر مربع از سطح مخزن گزینهٔ سرکوه را جنگل‌های بسیار تنک و بالغ بر ۴/۲ کیلومتر مربع را جنگل‌های نیمه‌متراکم می‌پوشاند. با آبگیری این گزینه ۹ کیلومتر مربع از پوشش جنگلی غرقاب خواهند شد. تمامی سطح مخزن در گزینهٔ زیرنا تحت پوشش جنگلی با ۵/۲ کیلومتر مربع جنگل‌های بسیار تنک و ۲/۴ کیلومتر مربع جنگل‌های نیمه‌متراکم قرار دارد، در نتیجه با آبگیری مخزن این گزینه ۷/۶ کیلومتر مربع از پوشش جنگلی غرقاب خواهند شد.
- مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت

محیط‌زیست (مرحلهٔ ساختمانی و بهره‌برداری): براساس تطابق انجام‌شده بین ۳ گزینهٔ پیشنهادی (محور و محدودهٔ دریاچه‌های سد زیرنا، سرکوه و کلات) با استفاده از نرم‌افزار GIS با نقشهٔ مناطق چهارگانهٔ تحت مدیریت سازمان (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۱) هیچ‌گونه تداخلی مشاهده نشد؛ همچنین در محدودهٔ مطالعاتی منطقهٔ شکار ممنوع وجود ندارد.

در جدول ۸ وضعیت آثار پیش‌بینی‌شده در بخش بیولوژیکی از نقطه‌نظر برگشت‌پذیری، دامنه، مدت، ماهیت، اهمیت و شدت اثر به تفکیک مرحلهٔ ساختمانی و بهره‌برداری و گزینه‌های تحت بررسی، ارائه شده است.

جدول ۷. مهم‌ترین عوارض ناشی از اجرای طرح سد و نیروگاه کلات در بخش فیزیکی

	اثر	نوع		برگشت پذیری		دامنه		مدت		ماهیت		اهمیت			شدت											
															کلات					سرکوه				زیرنا			
		مثبت	منفی	برگشت‌پذیر	برگشت‌ناپذیر	مستقیم	غیرمستقیم	کوتاه‌مدت	بلندمدت	تجمعی	غیرتجمعی	کم	متوسط	زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
ساختمانی	توپوگرافی و شکل زمین		*		*	*			*		*	*					*						*				*	
	کیفیت هوا		*	*		*		*		*			*				*				*					*			
	تراز صوتی		*	*		*		*		*			*				*				*					*			
	ساختار و بافت خاک		*		*	*			*		*	*			*										*				
	فرسایش و رسوب‌گذاری		*		*	*			*		*		*				*					*					*		
	ریخت‌شناسی رودخانه		*	*		*		*			*	*				*						*					*		
	کمیت آب سطحی		*	*		*		*		*			*		*												*		
بهره برداری	توپوگرافی و شکل زمین		*		*	*			*		*	*					*					*						*	
	کیفیت هوا		*	*		*			*	*			*		*					*							*		
	تراز صوتی		*	*		*			*	*			*		*					*							*		
	ساختار و بافت خاک	*		*			*		*		*		*		*					*							*		
	فرسایش و رسوب‌گذاری		*	*			*		*	*			*			*					*					*			
	زلزله‌های القایی*		*	*			*	*			*		*				*					*					*		
	رژیم سیلابی*	*			*	*			*		*		*					*					*						*	
	کمیت آب زیرزمینی*	*		*		*			*		*		*						*				*				*		
	ریخت‌شناسی رودخانه		*		*	*			*		*			*				*					*				*		
	کمیت آب سطحی		*	*		*			*		*		*				*						*					*	
	احتمال لایه‌بندی مخزن*		*	*			*		*		*		*						*										*
	احتمال تغذیه‌گرایی مخزن*		*	*			*		*		*		*						*									*	

** این موارد در مرحلهٔ ساختمانی فاقد اثر است.*

جدول ۸. مهم‌ترین عوارض ناشی از اجرای طرح سد و نیروگاه کلات در بخش بیولوژیکی

	اثر	نوع		برگشت پذیری		دامنه		مدت		ماهیت		اهمیت			شدت اثر									
															کلات				سرکوه			زیرنا		
		مثبت	منفی	برگشت‌پذیر	برگشت‌ناپذیر	مستقیم	غیرمستقیم	کوتاه‌مدت	بلندمدت	تجمعی	غیرتجمعی	کم	متوسط	زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد
ساختمانی	پوشش گیاهی		*	*		*			*		*	*				*						*			*
	زیستگاه‌های حیات‌وحش		*	*		*		*			*		*			*					*			*	
	تعادل اکولوژیکی		*	*			*	*			*		*			*					*			*	
	گونه‌های جانوری دارای ارزش ملی و بین‌المللی		*	*		*		*			*		*				*			*			*		
	آبزیان		*	*		*		*			*	*						*			*			*	
بهره‌برداری	پوشش گیاهی		*		*	*			*		*	*					*					*			*
	زیستگاه‌های حیات‌وحش		*		*	*			*		*		*				*				*			*	
	تعادل اکولوژیکی		*	*			*		*		*		*				*				*			*	
	گونه‌های جانوری دارای ارزش ملی و بین‌المللی		*		*	*			*		*	*						*				*			*
	آبزیان		*	*		*			*		*	*						*				*			*

ج) مهم‌ترین آثار احداث طرح در محیط‌زیست منطقه در محیط اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی

جابه‌جایی جمعیت (مرحلهٔ بهره‌برداری): اسکان مجدد جوامعی که در اثر آبگیری سد، خانه‌ها و زمین‌های خود را از دست می‌دهند، معمولاً مهم‌ترین مسئلهٔ اجتماعی ناشی از احداث سدها در هر منطقه است. در محدودهٔ مخازن سد کلات، سرکوه و زیرنا به ترتیب ۱۵، ۸ و ۲ پارچه آبادی واقع شده است که با آبگیری مخزن هر گزینه، محل سکونت ساکنان آن زیر آب خواهد رفت.

طرح توسعه (مرحلهٔ ساختمانی و بهره‌برداری): بارزترین طرح توسعه در محدودهٔ مطالعاتی محور ملی پاتاوه- دهدشت است که پیش‌بینی می‌شود پس از آبگیری سد بخش شایان ملاحظه‌ای از این محور تحت تأثیر قرار گیرد. در صورت بهره‌برداری گزینهٔ کلات ۱۲ کیلومتر از این محور که شامل ۷۰۰ متر تونل نیز می‌شود غرقاب خواهد شد. همچنین در صورت بهره‌برداری از گزینهٔ سرکوه و زیرنا پس از تشکیل دریاچه، به ترتیب ۳۴۱۰ و ۴۸۲۰ متر از این محور متأثر خواهد شد.

در جدول ۹ خلاصهٔ وضعیت آثار پیش‌بینی‌شده در بخش اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی از نظر برگشت‌پذیری، دامنه، مدت، ماهیت، اهمیت و شدت اثر به تفکیک مرحلهٔ ساختمانی و بهره‌برداری و گزینه‌های تحت بررسی ارائه شده است.

جدول ۹. مهم‌ترین عوارض ناشی از اجرای طرح سد و نیروگاه کلات در بخش اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی

	اثر	نوع		برگشت پذیری		دامنه		مدت		ماهیت		اهمیت		شدت اثر									
														کلات				سرکوه			زیرنا		
		مثبت	منفی	برگشت‌پذیر	برگشت‌ناپذیر	مستقیم	غیرمستقیم	کوتاه‌مدت	بلندمدت	تجمعی	غیرتجمعی	کم	متوسط	زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	ناچیز
ساختمانی	جمعیت		*	*			*	*			*	*				*				*			
	مهاجرت	*		*		*		*			*	*			*				*				*
	کیفیت زندگی		*	*			*	*		*		*				*				*			
	مشارکت اهالی	*		*			*	*			*	*				*				*			
	مسائل فرهنگی		*	*			*	*		*		*			*				*				*
	اشتغال و درآمد	*		*		*		*			*		*				*				*		
	ارزش املاک	*		*			*	*			*		*				*				*		
	بهداشت و سلامتی		*	*			*	*			*	*				*				*			
	طرح توسعه		*		*	*			*		*				*				*				*
	کاربری اراضی		*		*	*			*		*		*			*				*			
بهره برداری	جمعیت		*		*	*			*		*				*				*				*
	مهاجرت		*		*	*			*		*				*				*				*
	کیفیت زندگی	*		*			*		*	*			*				*				*		
	مشارکت اهالی	*		*			*		*		*		*				*				*		
	مسائل فرهنگی	*		*			*		*	*			*				*				*		
	اشتغال و درآمد	*		*		*		*			*		*				*				*		
	ارزش املاک	*			*		*		*		*		*				*				*		
	آثار تاریخی و میراث فرهنگی		*		*	*			*		*				*				*				*
	بهداشت و سلامتی		*	*			*		*		*	*				*				*			
	مسکن		*		*	*			*		*				*				*				*
	طرح توسعه		*		*	*			*		*				*				*				*
	کاربری اراضی		*		*	*			*		*				*				*				*

براساس نتایج پیش‌بینی آثار گزینه‌های کلات، سرکوه و زیرنا می‌توان گفت که با وجود اهمیت زیاد برخی از معیارها، به دلیل آنکه در هر سه گزینه وضعیت مشابهی وجود دارد یا آنکه اختلاف معنی‌داری ندارند، در تعیین گزینهٔ منتخب در نظر گرفته نمی‌شوند؛ برای مثال، می‌توان به ایجاد میکروکلیما، تغییر مورفولوژی، تغییر رژیم سیلابی و کم‌آبی رودخانهٔ مارون، احتمال لایه‌بندی حرارتی و تغذیه‌گرایی مخزن، تشدید فرسایش خاک در دوران ساخت، تداخل با مناطق حفاظت‌شده، ایجاد اشتغال و درآمد اشاره کرد. بنابراین، مهم‌ترین معیارهای

زیست‌محیطی انتخابی در این پژوهش عبارت‌اند از:

گروه فیزیکی: گسل، محدودهٔ عملیات اجرایی از نظر تخریب محیط‌زیست.

گروه بیولوژیکی: کاربری اراضی، گونه‌های گیاهی در خطر تهدید و دارای ارزش اکولوژیکی، گونه‌های جانوری شاخص.

گروه اجتماعی- اقتصادی: مراکز جمعیتی روستایی، مالکیت، اماکن دارای ارزش فرهنگی، سایر طرح‌های توسعه.

اگرچه انتخاب شاخص مناسب این امکان را می‌دهد که مقایسهٔ درستی بین گزینه‌ها صورت گیرد، اما وقتی چند یا چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته می‌شود، کار ارزیابی پیچیده‌تر می‌شود و پیچیدگی کار زمانی افزایش می‌یابد که معیارها از جنس‌های مختلف باشند (جوزی و جعفری‌نسب، ۱۳۹۳). به این منظور، با استفاده از نرم‌افزار Expert choice کار وزن‌دهی معیارها نسبت به هم به صورت دو به دو انجام شده است. بدین‌ترتیب که افزایش امتیازها از ۱ به ۹ نشان‌دهندهٔ وزن سنگین‌تر هر کدام از معیارها در قیاس با دیگری است. نتایج مقایسهٔ زوجی معیارها در این نرم‌افزار، در محیط‌های فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی به ترتیب معیارهای گسل، کاربری اراضی و مراکز جمعیت روستایی با وزن‌های ۰/۸، ۰/۵۸۸ و ۰/۴۲۴ بیشترین وزن را به خود اختصاص می‌دهند. وزن ۳ شاخص اصلی در تعیین ساختگاه بهینهٔ سد، یکسان در نظر گرفته شده است. رتبه و وزن هر کدام از معیارها برای تعیین اثر ساختگاه بهینه، در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۰. معیارهای محیط‌زیستی (فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی و اقتصادی) به تفکیک وزن و رتبه

محیط (معیار اصلی و وزن)	زیرمعیار	رتبهٔ زیرمعیار در گروه اصلی	وزن
فیزیکی	گسل	۱	۰/۸
	محدودهٔ عملیات اجرایی از نظر تخریب محیط‌زیست	۲	۰/۲
بیولوژیکی	کاربری اراضی	۱	۰/۵۸۸
	گونه‌های گیاهی در خطر تهدید و دارای ارزش اکولوژیکی	۳	۰/۰۸۹
	گونه‌های جانوری شاخص	۲	۰/۳۲۳
اجتماعی- اقتصادی	مراکز جمعیتی روستایی	۱	۰/۴۲۴
	طرح توسعه	۳	۰/۱۲۱
	مالکیت	۴	۰/۰۹۳
	اماکن دارای ارزش فرهنگی	۲	۰/۳۶۲

در مرحلهٔ بعدی وضعیت معیارها در هر کدام از گزینه‌ها به تفکیک بررسی و نتایج زیر حاصل شد:

گسل

گزینهٔ کلات: تنها گسل عمدهٔ این گزینه، گسل کلات با طول تقریبی ۲۵ کیلومتر است که نزدیک‌ترین فاصلهٔ آن از ساختگاه حدود ۶ کیلومتر است. گسل کوچک دیگری در محل ساختگاه کلات در تکیه‌گاه راست واقع شده است که گسترش زیادی ندارد، اما به لحاظ ایجاد تأثیر در خواص مکانیکی سنگ و احتمال آب‌گذری درخور توجه است.

گزینهٔ سرکوه: گسل عمدهٔ محدودهٔ ساختگاه، گسل زیرناست که بخش‌هایی از مخزن در تنگ زیرنا و دره‌شور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این گسل دارای طولی بیش از ۷ کیلومتر و حداقل فاصلهٔ آن تا موقعیت ساختگاه سد بیش از ۲ کیلومتر است؛ بنابراین با توجه به فاصلهٔ گسل از محل بدنهٔ سد می‌توان نتیجه گرفت که موقعیت ساختگاه سرکوه از نظر لرزه‌خیزی نسبت به ساختگاه‌های کلات و زیرنا از شرایط مطلوب‌تری برخوردار است.

گزینهٔ زیرنا: از گسل‌های عمدهٔ محدودهٔ ساختگاه می‌توان گسل زیرنا را نام برد که از محل ساختگاه سد زیرنا (تکیه‌گاه راست) عبور می‌کند. یک گسل تراستی نیل نیز در فاصلهٔ حدود ۲ کیلومتری ساختگاه قرار گرفته است. به علت وجود این دو گسل، گزینهٔ زیرنا از نظر خطر لرزه‌خیزی کمترین اولویت اجرایی را به خود اختصاص می‌دهد.

محدودهٔ تحت تأثیر عملیات اجرایی از نظر تخریب محیط‌زیست: طرح سد و نیروگاه کلات دارای اجزای اصلی شامل بدنهٔ سد و تأسیسات جانبی، راه‌های دسترسی، تونل آب‌بر، نیروگاه و خطوط انتقال برق است. شایان یادآوری است که این معیار با فرض ثابت‌بودن میزان تخریب اراضی در موقعیت نیروگاه در تمامی گزینه‌های تحت بررسی قرار می‌گیرد.

گزینهٔ کلات: این گزینه با تحت تأثیر قراردادن مسافتی نزدیک به ۱۸ کیلومتر از رودخانهٔ مارون، بیش از ۶/۵ کیلومتر از رودخانهٔ چاروساق و حاشیهٔ آن، همچنین ۳/۷ کیلومتر از رودخانهٔ دره‌دلی بیشترین دستکاری در طبیعت و فرسایش و رسوب را همراه خواهد داشت. با توجه به شرایط توپوگرافی، سیستم انحراف آب شامل دو رشته تونل به قطر ۱۰ متر و طول حدود ۱ کیلومتر در جناح چپ طراحی شده است. اجرای این سازه همراه عملیات احداث ۱۲۳۰ متر جادهٔ دسترسی کارگاهی به عرض ۱۰ متر، تغییرات شدیدی را در شکل زمین و توپوگرافی این منطقه ایجاد خواهد کرد.

گزینهٔ سرکوه: در این گزینه رودخانهٔ شور و رودخانهٔ مارون به ترتیب در طول بیش از ۱۳ و ۷ کیلومتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. سیستم انحراف شامل دو رشته تونل به قطر ۱۲ متر و طول ۷۵۰ متر در جناح راست طراحی شده است. عملیات احداث ۷۷۰ متر جادهٔ دسترسی (شامل ۲۲۵ متر تونل) به عرض ۱۰ متر، سبب تخریب در توپوگرافی این منطقه شده و تغییرات نسبتاً زیادی را در شکل زمین ایجاد کرده است.

گزینهٔ زیرنا: تنها رودخانهٔ تحت تأثیر مارون است که مسافت تأثیرگذاری پروژه در حدود ۳ کیلومتر است. سیستم انحراف شامل ۲ رشته تونل به قطر ۱۱/۵ متر و طول ۵۰۰ متر در جناح راست ساخته خواهد شد. همچنین در گزینهٔ زیرنا احداث ۱۲۹۰ متر جادهٔ دسترسی به عرض ۱۰ متر انجام و سبب تغییرات شدیدی در شکل زمین خواهد شد.

کاربری اراضی: براساس موقعیت جنگل‌های زاگرس روی نقشهٔ کاربری اراضی (سازمان جنگل‌ها و مراتع، ۱۳۸۷)، شمارش درختان در نرم‌افزار Google Earth، صورت گرفت. بر این اساس، تعداد تقریبی درختان در جنگل‌های خیلی تنک، تنک و نیمه‌متراکم زاگرسی در هر کیلومتر مربع به ترتیب حدود ۱۰۰۰، ۱۶۰۰ و ۴۵۰۰ اصله تعیین شد.

گزینهٔ کلات: حدود ۳۰ درصد (۶/۳ کیلومتر مربع) از وسعت مخزن را جنگل‌های بسیار تنک زاگرسی پوشش می‌دهد که تعداد درختان در این محدوده ۶۳۰۰ اصله برآورد شد. درختان بلوط در زمین‌های بایر و اراضی کشاورزی در حاشیهٔ جنوبی و شرق و منتهی‌الیه شمال‌شرقی مخزن بسیار کم مشاهده شد.

گزینهٔ سرکوه: ۴/۲ کیلومتر مربع از منطقه را جنگل‌های نیمه‌متراکم با ۱۸۹۰۰ اصله درخت و ۴/۸ کیلومتر مربع را جنگل‌های بسیار تنک با ۴۸۰۰ اصله درخت تشکیل می‌دهند که مجموعاً در محدودهٔ مخزن این گزینه ۲۳۷۰۰ اصله درخت شمارش شد.

گزینهٔ زیرنا: جنگل‌های نیمه‌متراکم (۲/۴ کیلومتر مربع) و بسیار تنک (۵/۲ کیلومتر مربع) به ترتیب با ۱۱۵۲۰ و ۵۲۰۰ اصله درخت، جمعاً ۱۶۷۲۰ اصله درخت محدودهٔ مخزن را تشکیل می‌دهند. در این گزینه کل محدودهٔ مخزن دارای پوشش جنگلی است، اما مساحت کمتری از جنگل‌ها به خصوص جنگل‌های نیمه‌متراکم زاگرسی نسبت به گزینهٔ سرکوه غرقاب خواهند شد.

گونه‌های گیاهی در خطر تهدید و دارای ارزش اکولوژیکی: بلوط اگرچه جزء گونه‌های حمایت‌شده نیست، اما حفظ و نگهداری آن مهم است. شایان یادآوری است براساس مطالعات میدانی، گونه‌های پسته و بادام وحشی در سه گزینه به تعداد کم و با پراکندگی محدود مشاهده شد. گونه‌های پسته و بادام وحشی از گونه‌های حمایت‌شده است و قطع آن‌ها ممنوع است. با توجه به وجود جنگل‌های بلوط در هر سه گزینه، درصد مساحت آن‌ها و وضعیت تاج پوشش در هر گزینه ملاک امتیازدهی قرار گرفت. همچنین، وجود گونه‌های بادام و پستهٔ وحشی نیز در امتیازدهی لحاظ شده است.

گزینهٔ کلات: کمتر از ۳۰ درصد از سطح مخزن را جنگل‌های بسیار تنک بلوط دربر گرفته است. گونهٔ بادام حوالی تونل پاتاوه- دهدشت در محدودهٔ مخزن مشاهده می‌شود.

گزینهٔ سرکوه: بیشتر از ۶۷ درصد از سطح محدودهٔ مخزن این گزینه را جنگل‌های نیمه‌متراکم تا بسیار تنک بلوط پوشانده است. پستهٔ وحشی در محدودهٔ مخزن این گزینه رؤیت می‌شود.

گزینهٔ زیرنا: کل محدودهٔ مخزن را جنگل‌های نیمه‌متراکم تا بسیار تنک بلوط فرا گرفته است. پستهٔ وحشی در محدودهٔ مخزن و گونهٔ بادام نزدیک به انتهای مخزن زیرنا (قبل از ورود به مخزن) مشاهده می‌شود.

با توجه به توسعه و تخریب‌های انجام‌شده در گزینهٔ کلات تعداد گونه‌هایی نظیر بنه نسبت به گزینه‌های زیرنا و سرکوه از تراکم کمتری برخوردار است.

گونه‌های جانوری شاخص: در جدول ۱۱ احتمال حضور گونه‌های شاخص در هر یک از گزینه‌های پیشنهادی ارائه شده است. شایان یادآوری است گونه‌هایی که طبق مقررات ملی یا بین‌المللی حفاظت و حمایت‌شده هستند، به‌منزلهٔ گونه‌های شاخص انتخاب شده‌اند.

جدول ۱۱. احتمال حضور گونه‌های جانوری شاخص به تفکیک گزینه‌های تحت بررسی (CITES, 2013)

گزینه	گونه‌های شاخص
کلات	روباه، شغال، گرگ، سمورسنگی، شنگ، خفاش نعل اسبی مدیترانه‌ای
زیرنا	روباه، شغال، گرگ، سمورسنگی، خفاش نعل اسبی مدیترانه‌ای، کفتار- گربهٔ جنگلی
سرکوه	روباه، شغال، گرگ، سمورسنگی، خفاش نعل اسبی مدیترانه‌ای، کفتار- گربهٔ جنگلی

گزینهٔ کلات: احتمال حضور گونه‌های شاخص در گزینهٔ کلات به علت توسعه‌های کشاورزی و روستایی کمتر از سایر گزینه‌هاست.

گزینهٔ زیرنا و سرکوه: با توجه به همپوشانی دو گزینهٔ زیرنا و سرکوه احتمال حضور یکسان گونه‌های شاخص حیات‌وحش در این دو گزینه قابل پیش‌بینی است. گزینهٔ کلات از نظر حیات‌وحش منطقه، گزینهٔ مناسب‌تری برای احداث سد مخزنی محسوب می‌شود و گزینه‌های زیرنا و سرکوه در اولویت بعدی قرار دارند.

مراکز جمعیتی روستایی

گزینهٔ کلات: تعداد ۱۵ روستا با جمعیت ۲۹۲۰ نفر و ۷۰۹

خانوار در محدودهٔ مخزن قرار دارند. ۵ روستای قلعه گل، قلعه دختر، برآفتاب سفلی، لیرکک و کلات از توابع دهستان دشمن زیاری، در بخش مرکزی جمعیتی بالاتر از ۲۵۰ نفر دارند. لذا به نظر می‌رسد که با توجه به جمعیت و وسعت نسبتاً بالای روستاها، ایجاد تعامل با مالکان اراضی، به منظور جلب رضایت، جبران خسارت و پرداخت غرامت مالکان نسبت به دو گزینهٔ دیگر با موانع بیشتری همراه خواهد بود.

گزینهٔ سرکوه: تعداد ۸ روستا با جمعیت ۴۹۸ نفر و ۱۲۵ خانوار در محدودهٔ مخزن واقع شده است که این روستاها نسبت به روستاهای گزینهٔ کلات جمعیت کمتری دارند؛ به گونه‌ای که روستای چم لپه از توابع دهستان طیبی سرحدی شرقی با ۱۵۲ نفر جمعیت و ۴۷ خانوار، پرجمعیت‌ترین آبادی این گزینه است.

گزینهٔ زیرنا: در گزینهٔ زیرنا دو روستای اندرون بید انجیر و آبریزک جمعاً با جمعیت ۲۳۴ نفر و ۴۶ خانوار در مرحلهٔ بهره‌برداری از سد، مجبور به ترک محل زندگی خود خواهند شد.

طرح‌های توسعه: بارزترین طرح توسعه در محدودهٔ مطالعاتی محور ملی پاتاوه- دهدشت است که پیش‌بینی می‌شود پس از آبگیری سد، بخش زیادی از این محور تحت تأثیر قرار گیرد.

گزینهٔ کلات: ۱۲ کیلومتر از این محور (شامل ۷۰۰ متر تونل) غرقاب خواهد شد. همچنین، در مرحلهٔ ساخت به دلیل نزدیکی ساختگاه این گزینه به تونل‌های بزرگ کوه پات به طول ۲۳۸۰ متر در قطعهٔ سوم طرح، بیشترین میزان تداخل صورت می‌گیرد.

گزینهٔ سرکوه و زیرنا: پس از تشکیل دریاچهٔ سرکوه یا زیرنا به ترتیب حدود ۳۴۰۰ و ۴۸۰۰ متر از این محور متأثر خواهد شد.

مالکیت

گزینهٔ کلات: ۱۴/۳ کیلومتر مربع از مساحت محدودهٔ مخزن شامل باغ، مرتع متوسط، اراضی دیم و آیش است و جزء اراضی خصوصی محسوب می‌شود.

گزینهٔ سرکوه: در این گزینه ۴/۳ کیلومتر مربع از اراضی محدودهٔ مخزن در اراضی کشاورزی و دیم واقع شده است و جزء اراضی خصوصی به شمار می‌رود، بنابراین مساحت کمتری از اراضی خصوصی نسبت به گزینهٔ کلات تحت تأثیر پروژه قرار خواهد گرفت.

گزینهٔ زیرنا: با توجه به اینکه کل محدودهٔ مخزن صرف‌نظر از نقاط جمعیتی دارای پوشش جنگلی زاگرسی است، لذا نوع مالکیت در این گزینه تماماً از نوع اراضی ملی محسوب می‌شود، به گونه‌ای که ۷/۶ کیلومتر مربع از اراضی ملی در مرحلهٔ بهره‌برداری غرقاب می‌شود.

اماکن دارای ارزش فرهنگی

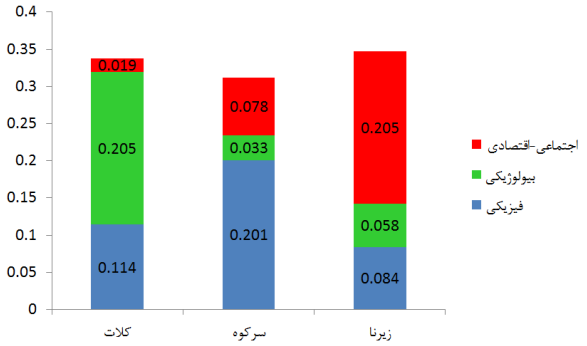
گزینهٔ کلات: امامزاده پیرعباس در روستای کلات و امامزاده احمد در روستای لیرکک در محدودهٔ مخزن کلات قرار می‌گیرند. همچنین پل تاریخی قلعه دختر واقع در ۲۵۰ متری روستای قلعه دختر نیز در محدودهٔ مخزن کلات واقع شده است که با آبگیری مخزن به زیر آب خواهد رفت.

گزینهٔ سرکوه: تنها بنای امامزاده نورالدین در روستای دم عباس در حاشیهٔ مخزن سد سرکوه قرار می‌گیرد و احتمال زیرآب رفتن این امامزاده در مرحلهٔ بهره‌برداری وجود ندارد.

گزینهٔ زیرنا: در محدودهٔ مخزن و ساختگاه گزینهٔ مذکور و حاشیهٔ آن، هیچ بنای تاریخی و مذهبی قرار نمی‌گیرد.

پس از تعیین وضعیت گزینه‌ها در هر معیار، وزن‌دهی گزینه‌ها به صورت زوجی انجام شد. در آخرین مرحله پس از وزن‌دهی به گزینه‌ها و معیارها، وزن نهایی هر گزینه در فرایند سلسله‌مراتبی از مجموع حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها محاسبه شد.

براساس نتایج آنالیز گزینه‌ها در نرم‌افزار استفاده‌شده، میزان مطلوبیت معیارهای اصلی سه گزینه در نمودار ۲ نشان داده شده است.



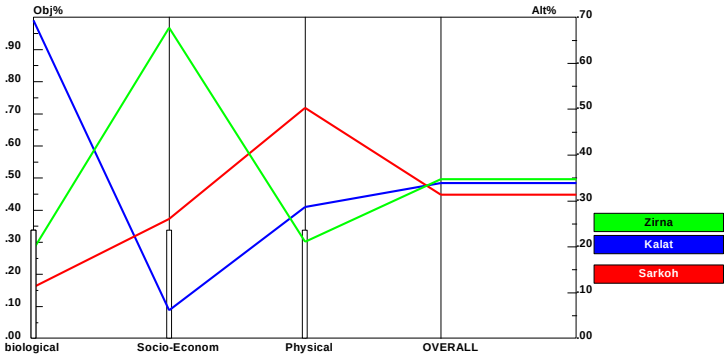
نمودار ۲. میزان مطلوبیت معیارهای اصلی در گزینه‌های ممکن

براساس نتایج تحلیل در گروه معیارهای فیزیکی، گزینهٔ سرکوه با نمرهٔ ۰/۵۰۳ بهترین گزینه است. گزینه‌های کلات و زیرنا با نمره‌های ۰/۲۸۶ و ۰/۲۱۱ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در این شاخص زیرمعیار گسل در گزینهٔ سرکوه، با ۰/۵۲۸ بیشترین و گزینهٔ زیرنا با ۰/۱۴ کمترین نمره را به خود اختصاص داده‌اند که این موضوع ناشی از عبور گسل زیرنا از محور سد و گسل تراستی نیل از نزدیکی آن است.

براساس معیار بیولوژیکی که از زیرمعیارهای کاربری اراضی، گونه‌های شاخص جانوری و گیاهی تشکیل شده است، گزینهٔ کلات با نمرهٔ ۰/۶۹۳ در رتبهٔ اول قرار گرفت، سپس گزینهٔ زیرنا با ۰/۱۹۵ و سرکوه با ۰/۱۱۲ در رتبه‌های بعدی جای گرفتند. گزینهٔ کلات در هر سه زیرمعیار کاربری اراضی، گونه‌های شاخص گیاهی و جانوری به ترتیب با نمره‌های ۰/۷۱۷، ۰/۷۲۶ و ۰/۵ بالاترین امتیاز را به دست آورد. نمرهٔ گزینهٔ سرکوه در زیرمعیارهای کاربری اراضی و گونه‌های گیاهی در خطر، به ترتیب برابر ۰/۰۸۸ و ۰/۱۰۲ تعیین می‌شود که به علت غرقاب‌کردن جنگل‌های زاگرسی در وسعتی نزدیک به دو برابر در مقایسه با گزینهٔ زیرنا در اولویت پایین‌تری قرار گرفت.

گزینهٔ زیرنا با نمرهٔ ۰/۶۷۷ بهترین گزینه از جنبهٔ اجتماعی- اقتصادی است. گزینه‌های سرکوه و کلات به ترتیب با ۰/۲۶۱ و ۰/۰۶۲در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. برای گزینهٔ کلات در کلیهٔ معیارهای این گروه، نمره‌ای کمتر از ۰/۱ به دست آمد. بدین‌ترتیب که برای زیرمعیارهای مراکز جمعیت روستایی، طرح توسعه، مالکیت و اماکن دارای ارزش فرهنگی نمره‌های ۰/۰۵۸، ۰/۰۷۳، ۰/۰۶۴ و ۰/۰۶ حاصل شد. از مهم‌ترین دلایل این امر می‌توان از قرارگرفتن این گزینه در منطقه‌ای با بافت مسکونی غالب و وجود بخش‌های قابل توجهی از طرح توسعهٔ محور ملی پاتاوه- دهدشت در این محدوده نام برد.

با توجه به تعدد معیارهای موجود، مجموع نتایج اولویت‌بندی سه گزینهٔ تحت بررسی در نمودار ۳ نشان داده شده است. براساس این نمودار و در نظر گرفتن جمیع جوانب و معیارها گزینهٔ زیرنا با کسب بیشترین امتیاز ۰/۳۴۷، گزینهٔ منتخب محسوب می‌شود و گزینه‌های کلات و سرکوه به ترتیب با امتیازهای ۰/۳۳۸ و ۰/۳۱۲ در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. مقایسهٔ نتایج و امتیازهای سه گزینه نشان می‌دهد که گزینهٔ سرکوه نسبت به دو گزینهٔ دیگر دارای کمترین امتیاز است که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به وزن بالای معیار کاربری اراضی و گونه‌های شاخص گیاهی اشاره کرد.



نمودار ۳. نتایج وزن نهایی گزینه‌ها در نرم‌افزار Expert Choice

۴. بحث و نتیجه‌گیری

پروژهٔ سد و نیروگاه کلات به منظور استفاده از پتانسیل‌های تولید انرژی برق آبی رودخانهٔ مارون در دست مطالعه است و بررسی‌های اولیه نشان داد که در سه محل امکان احداث سد وجود دارد؛ اما احداث سد در هر یک از ساختگاه‌ها، تغییرات متفاوتی بر شرایط محیط‌زیستی منطقه به وجود می‌آورد. در بررسی و مقایسهٔ مقدماتی گزینه‌ها بدون در نظر گرفتن توان زمین و برآیند وضعیت معیارها، به نظر می‌رسید که به ترتیب گزینه‌های سرکوه، کلات و زیرنا شرایط مطلوب‌تری دارند.

هدف از این مطالعه تعیین گزینهٔ برتر از بین سه ساختگاه ممکن، با در نظر گرفتن معیارهای فنی و تأکید بر ملاحظات محیط‌زیستی است. برای این منظور همهٔ محل‌های پیشنهادی، با توجه به ۹ زیرمعیار مهم طبقه‌بندی شدند. این معیارها عبارت‌اند از: کاربری اراضی، گونه‌های گیاهی و جانوری شاخص، مراکز جمعیتی روستایی، وسعت محدودهٔ تحت تأثیر عملیات اجرایی، مالکیت اراضی، اماکن دارای ارزش فرهنگی، سایر طرح‌های توسعه و لرزه‌خیزی ساختگاه. این زیرمعیارها در قالب ۳ گروه اصلی طبقه‌بندی شده‌اند و با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره و نرم‌افزار Expert Choice اولویت‌بندی شدند و ساختگاه بهینه انتخاب شد. شایان یادآوری است که به منظور تعیین توان سرزمین برای احداث سد، ارزیابی توان اکولوژیکی با ۳ مشخصهٔ شیب، وضعیت زمین‌شناسی و پوشش گیاهی انجام شد و نتایج نشان داد که در هر سه گزینه احداث سد امکان‌پذیر است.

به منظور تعیین معیارهای تحت بررسی، محدودهٔ مطالعاتی در سه بخش فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی بررسی شد. بر پایهٔ شرایط محیطی منطقه و جمع‌بندی نظر کارشناسان، نه معیار استفاده‌شده برای تعیین اولویت گزینه‌ها، از نظر میزان اهمیت در سه گروه با اهمیت زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که از میان زیرمعیارهای منتخب از دیدگاه محیط‌زیست، معیارهای وضعیت کاربری اراضی، شرایط لرزه‌خیزی و ویژگی‌های جمعیتی منطقه از اهمیت بیشتری برخوردارند و تأثیر زیادی در تعیین ساختگاه نهایی دارند. مقایسهٔ امتیاز نهایی تعیین‌شده برای سه محور نشان داد که ساختگاه‌های زیرنا، کلات و سرکوه با کسب امتیاز ۰/۳۴۷، ۰/۳۳۸ و ۰/۳۱۲ به ترتیب در اولویت اول تا سوم برای محل سد قرار می‌گیرند، این در حالی است که شرایط ساختگاه اول و دوم اختلاف کمی با هم دارند و ساختگاه سرکوه با اختلاف شایان توجهی در اولویت سوم قرار می‌گیرد. مقایسهٔ کلی سه گروه معیارها نشان می‌دهد که در تعیین گزینهٔ برتر، شاخص‌های اجتماعی- اقتصادی سهم قابل توجهی به خود اختصاص می‌دهند که این موضوع به دلیل وجود حداقل مراکز جمعیت روستایی و اماکن ارزشمند فرهنگی، مالکیت و وضعیت طرح‌های توسعه در گزینهٔ زیرنا بوده است. شایان یادآوری است که گزینهٔ منتخب (زیرنا) از نظر توان اکولوژیکی نیز بهترین گزینه است، به طوری که بیش از ۵۷ درصد از محدوده در طبقهٔ مناسب و ۴۳ درصد در طبقهٔ نیمه‌مناسب قرار می‌گیرد. بنابراین، از نظر توان اکولوژیکی و شاخص‌های فیزیکی بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی گزینهٔ زیرنا دارای اولویت اول خواهد بود.

همچنین بررسی کلی نتایج نشان می‌دهد که استفاده از معیارهای جامع و برمبنای شناخت دقیق منطقه، ممکن است نتیجهٔ متفاوتی نسبت به بررسی‌های کلی انجام‌شده در طرح ارائه دهد. در بررسی اولیه و بدون تعیین ضرایب اهمیت معیارها، به نظر می‌رسید گزینهٔ سرکوه به دلیل برخی امتیازها از جمله وجود راه‌های دسترسی و خسارت مخزن کمتر در اولویت اول برای احداث سد قرار می‌گیرد، در حالی که با در نظر گرفتن کلیهٔ معیارهای اصلی تصمیم‌گیری و با احتساب ضرایب اهمیت و مقایسهٔ زوجی میان گزینه‌ها مشخص شد که این گزینه در اولویت آخر قرار می‌گیرد. بنابراین، در تمامی طرح‌هایی که انتخاب بین چند گزینه تابع مجموعه‌ای از عوامل است، ضروری است از روش‌های ارزیابی چندمعیارهٔ مناسب استفاده شود.

همچنین، با توجه به اینکه در این حوضهٔ آبریز، پروژه‌های سد و نیروگاهی متعدد و همزمان در حال مطالعه و اجراست، پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از تبعات نگرش موضعی به یک طرح خاص، مطالعات ارزیابی استراتژیک محیط‌زیستی[13] و برنامه‌ریزی منطقه‌ای انجام شود.

یادداشت‌ها

1. Multiple Criteria Decision Analysis
2. Geographical Information System
3. Check-List
4. Analytic Hierarchy Process
5. International Commission on Large Dams
6. Probable Maximum Flood
7. Froude Number
8. Trophic State Index
9. Oligotrophic
10. Eutrophic
11. Hypereutrophic
12. Mesotrophic
13. Strategic Environmental Assessment

منابع

اصغرپور، م. ۱۳۷۷. *تصمیم‌گیری چندمعیاره*، انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

بنی‌حبیب، م.ا.، وزیری، ب.، هاشمی، ر. ۱۳۹۱. «مکانیابی سدهای مخزنی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره»، یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه، ۶ صفحه.

جوزی، ع.، جعفری‌نسب، ت. ۱۳۹۳. «بررسی آثار محیط‌زیستی ساخت و ساز پروژهٔ مسکن مهر شهرستان محمدآباد مازندران»، مجلهٔ *محیط‌شناسی*، سال چهلم، شمارهٔ ۳، صص ۶۰۴-۶۱۹.

خیرخواه زرکش، م.، ناصری، ح.ر.، داوودی، م.ه.، سلامی، ه. ۱۳۸۷. «استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در اولویت‌بندی مکان مناسب احداث سد زیرزمینی، مطالعهٔ موردی: دامنه‌های شمالی کوه‌های کرکش- نطنز»، مجلهٔ *پژوهش و سازندگی*، سال بیست و یکم، شمارهٔ ۲ (پی آیند ۷۹)، صص ۹۳-۱۰۱.

ریاحی، م. ترابی هفشجانی، ا. ۱۳۸۲. «ارزیابی اثرات زیست‌محیطی احداث سد و نیروگاه بر رودخانهٔ کارون در استان چهارمحال و بختیاری»، کنفرانس ملی نیروگاه‌های آبی کشور، شرکت توسعهٔ منابع آب و نیروی تهران، ۹ صفحه.

سازمان جنگل‌ها و مراتع. ۱۳۸۷. پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری، نقشهٔ کاربری اراضی.

سازمان جنگل‌ها و مراتع. ۱۳۸۰. نقشهٔ فرسایش‌پذیری.

سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۱۳۹۱. نقشهٔ مناطق چهارگانه.

صادق‌پور، ا.ح. ۱۳۸۷. «بررسی نقش مسائل اجتماعی در جانمایی ساختگاه پروژه‌های سدسازی»، دومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه برق آبی، تهران، ۹ صفحه.

صادق‌پور، ا.ح.، رئیسی، ا.ا. ۱۳۸۳. «استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره (AHP) در انتخاب ساختگاه بهینهٔ سد، مطالعهٔ موردی: امکان‌سنجی تعیین ساختگاه قره‌چای»، اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران، ۷ صفحه.

عبدلی، ا. ۱۳۷۸. *ماهیان آب‌های داخلی ایران*، انتشارات نقش مانا.

مخدوم، م. ۱۳۹۱. *شالودهٔ آمایش سرزمین*، انتشارات دانشگاه تهران.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۲. گزیدهٔ نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن استان کهگیلویه و بویر احمد.

مهندسین مشاور لار. ۱۳۹۲. *مطالعات سد و نیروگاه کلات*، گزارش ششم، شناخت مقدماتی محیطزیست، صفحهٔ ۲۱۱.

نجمایی، م. ۱۳۸۲. سد و محیطزیست، نشریهٔ شمارهٔ ۵۵ وزارت نیرو، انتشارات وزارت نیرو، کمیتهٔ ملی سدهای بزرگ، صفحه ۱۲۷.

وزارت نیرو. ۱۳۹۰. دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ، نشریهٔ شمارهٔ ۵۵۱.

Belton, V., Stewart, T.J. 2002. Multiple Criteria Decision Analysis: an Integrated Approach, springer.

Canter, L.W. 1996. Environmental Impact Assessment. MC. Graw- Hill .Pub: New York. Second Ed.660 p.

Carlson, R.E. 1977. A Trophic State Index For Lakes. International Journal of Limnology and Oceanography. 22(2):361-369

Chapra, S.C.1997.Sourface Water Quality Modeling, Mc Graw-Hill, 844p.

Cheng, K.S., Lei, T.C. 2001. Reservoir Trophic State Evaluation Using Landsat TM Images. Journal of the American Water Resources Association. 37(5):1321-1334

CITES. 2013 .Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Checklist of CITES species.

David, H.F.L., Bela, G.L., Paul, .A.B. 1996. Environmental Engineers Handbook, Lewise Publishers, 1431p.

Maass, A., Hufschmidt, M.M., Dorfman, J., Thomas, H.A., Marglin, S.A., Fair, G. M. 1962. Design of Water Resources System. Harvard University Press Cambridge, Mass, USA.

Orlob, G.T. 1983. Mathematical Modeling of Water Quality Streams, Lakes and Reservoirs, Willey Interscience, 518p.

Saaty, T.L. 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. International Journal of services sciences. 1(1): 83-98

United State Environmental Protection Agency (US EPA). 2000. Nutrient Criteria Technical guidance Manual for Lakes and Reservoirs, EPA-822-B-00-001.

Zyl, J.V., Labadie, J. 2011. Gis Analysis for Multi Criteria Reservoir Site: Selection NISP Project, Colorado. ESRI International User Conference San Diego Convention Center. San Diego, CA.