

ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها با استفاده از روش‌های SIR و VIKOR با رویکرد مطالعات پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (مطالعه موردی: سد بالارود خوزستان)

سحر درویشی^۱

سیدعلی جوزی^{۲*}

سعید ملماسی^۳

سحر رضایان^۴

چکیده

پروژه‌های بزرگی چون سدسازی دارای مخاطرات بالقوه زیادی در مراحل ساخت یا بهره‌برداری بر محیط پیرامون خود هستند. بنابراین انجام مطالعات ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها ابزاری مناسب جهت شناسایی، تجزیه و تحلیل و ارزیابی این ریسک‌ها است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی سدها با استفاده از روش‌های SIR و VIKOR با رویکرد مطالعات پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی انجام شده است و در این بین مرحله ساختمانی سد بالارود خوزستان به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. پس از بررسی محدوده مطالعاتی و فعالیت‌ها در مرحله ساختمانی اثرات واقعی بر محیط‌زیست، شناسایی گردید. سپس با استفاده از روش SIR، که از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است، ارزیابی و اولویت‌بندی اثرات واقعی شناسایی شده در اثر اجرای پروژه، صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد با استفاده از این روش تأثیرها بر کیفیت آب سطحی، کمیت آب سطحی و اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی به ترتیب رتبه با سهم ۱۳،۵، ۷،۱۹۸ و ۵،۷۵۷، مهم‌ترین اثرات محیط‌زیستی واقعی در مطالعات پسا ارزیابی سد بالا رود معرفی شدند. بر پایه عوامل و اثرات واقعی شناسایی شده، ریسک‌های محیط‌زیستی در مرحله ساختمانی مورد شناسایی قرار گرفت، سپس با استفاده از روش VIKOR ارزیابی و اولویت‌بندی شدند. بر اساس این روش ریسک آلودگی آب در شرایط توافق بالا، پایین و متوسط یعنی ۰،۲، ۰،۵، ۰،۸ و ۷ به ترتیب با وزن‌های ۰،۷۰۰، ۱،۰۰۰، ۱،۳۰۰ به عنوان مهم‌ترین ریسک تعیین گردید. مهم‌ترین اقدام اصلاحی پیشنهادی برای کاهش اثرات و ریسک‌های محیط‌زیستی ایجاد سیستم تصفیه فاضلاب صنعتی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

پسا ارزیابی، ارزیابی ریسک محیط‌زیستی، مدل SIR، مدل VIKOR، سد بالارود خوزستان

۱. دانشجوی دکترای محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال Sahar_darvishi.3325@yahoo.com

۲. * استاد تمام گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال sajozi@yahoo.com

۳. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال S.malmasi@gmail.com

۴. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود S_rezaian@yahoo.com

مقدمه

در دو دهه گذشته تعدادی از مطالعات به مزیت‌های بالقوه اجرای پیگیری EIA، به صورت سامانمند پرداختند. باین‌حال امروزه فقدان مطالعه سامانمند اقدامات مختلف پیگیری و ارزشیابی جامع اثرات محیط‌زیستی پیش‌بینی‌شده و اثرات واقعی پروژه‌های تصویب‌شده، احداث‌شده یا به اجرا درآمده به‌ویژه اثرات تجمعی اکولوژیکی این پروژه‌ها مشهود است. در چنین شرایطی امکان ارزشیابی کل فرایند مدیریت اثرات محیط‌زیستی پروژه‌ها و برطرف کردن نیاز به هماهنگی بین توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست وجود ندارد در نتیجه پیگیری EIA، به تدریج توجه ارگان‌های پژوهشی و پژوهشگران را به حفاظت از محیط‌زیست جلب کرده است (نیکولایزن و دریسکول^{۱۰}، ۲۰۱۶).

در مطالعه‌ای که توسط آلدو^{۱۱} و همکاران انجام شد به پسا ارزیابی دو سد مهم در کشور برزیل پرداخته شده است. این مطالعه از اصول مدیریت اثرات اجتماعی پیروی می‌کند و چارچوبی مناسب برای تجزیه و تحلیل تحولات اجتماعی ایجادشده توسط سدهای برق‌آبی را عرضه می‌نماید و نشان داد که علاوه بر عوامل طبیعی، تصمیم‌های مدیریتی، مسائل سیاسی و فنی باعث ایجاد اثرات منفی در منطقه می‌گردد (آلدو و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه دیگری که توسط ونگ^{۱۲} و همکاران ارائه گردید، اشاره شده است که پس از تکمیل پروژه احداث سد و مخزن، اثرات محیط‌زیستی واقعی آن را می‌توان از طریق پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی بررسی نموده و آن‌ها را با نتایج پیش‌بینی‌شده در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی مقایسه نمود. تفاوت اثرات محیط‌زیستی در نتایج واقعی و پیش‌بینی‌شده را می‌توان برای تأیید صحت نتایج پیش‌بینی‌شده در EIA و مستدل بودن طرح حفاظت محیط‌زیست بکار برد (ونگ و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه‌ای دیگر که توسط ساده و رضایان با هدف مدیریت سد پاوه در مرحله ساختمانی با تلفیق روش‌های TOPSIS و RAM-D انجام شده است نتایج ارزیابی ریسک نشان داد

پس ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (Post EIA)^۱ به فعالیت‌هایی که در مراحل پس از تصمیم‌گیری در مورد یک طرح یا پروژه انجام می‌شوند مرتبط است (آرت^۲ و همکاران، ۲۰۱۲) و به اعتبار سنجی احداث سد، اقدامات اصلاحی در محیط‌زیست پیرامون و اقدامات مدیریتی جهت حفظ توسعه پایدار سد‌ها اطلاق می‌شود (آنگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۴). مفهوم پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ارزشیابی کارایی اقدامات کاهشی پیشنهادی در EIA^۴، در فاز ساختمانی و بهره‌برداری پروژه و تلاش برای بهبود کیفیت محیط‌زیست است (انبار^۵ و همکاران، ۲۰۰۸). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی به‌عنوان یک ابزار مهم در مدیریت محیط‌زیست، کاهش خطرات پروژه و دستیابی به توسعه پایدار محسوب می‌شود که اکنون در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌ها در اکثر کشورهای جهان به‌طور قابل‌توجهی در نظر گرفته شده است (ساماراس^۶ و همکاران، ۲۰۱۴). و مرحله پیگیری EIA^۷، در چهارچوب مطالعات پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (Post EIA)، یکی از حیاتی‌ترین اقدامات جهت اطمینان از اجرای صحیح ارزیابی اثرات و ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی به‌عنوان ابزارهای مهم در مدیریت محیط‌زیست، کاهش خطرات پروژه و دستیابی به توسعه پایدار است و امروزه در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌ها در اکثر کشورهای جهان به‌طور قابل‌توجهی در نظر گرفته شده‌اند (برمر^۸، ۲۰۱۷).

برنامه پیگیری EIA، تقریباً به قدمت اجرای این فرایند تاریخچه طولانی دارد و یکی از مراحل مهم است که در فرایند پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی موردبررسی قرار می‌گیرد. پایش و ارزیابی اثرات و ریسک‌های محیط‌زیستی یک پروژه جهت مدیریت عملکرد محیط‌زیستی پروژه در مرحله پیگیری موردبررسی قرار می‌گیرد (چانگ^۹ و همکاران، ۲۰۱۸).

۷. Follow Up EIA

۸. Bremer

9. Chang

۱۰. Nicolaisen and Driscoll

۱۱. Aledo

۱۲. Wang

۱. Post Inviromental Impact Assessment

۲. Art

۳. Ang

۴. Inviromental Impact Assessment

۵. Anbar

۶. Samars

برای پروژه‌های ساختمانی که محیط‌زیست منطقه را تحت فشار قرار می‌دهد با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی مثل پیچیدگی، طولانی بودن مدت اجرا و اختلاف زمانی در مرحله ساختمانی، و به‌ویژه برخی از محدودیت‌ها مانند صحت و اثربخشی نتایج پیش‌بینی‌شده و اقدامات حفاظتی در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی؛ امری ضروری است. شایان ذکر است که هدف از این مطالعه شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی سد بالارود در مرحله ساختمانی طی مطالعات پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و ارائه راهکارهایی جهت تقلیل، کنترل مخاطرات محیط‌زیستی است.

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده طرح مطالعاتی شامل محدوده طرح سد مخزنی بالارود در شمال استان خوزستان است که این محدوده در جنوب منطقه تا شهر اندیمشک بر روی رودخانه بالارود از سرشاخه‌های دز واقع شده است. در موقعیت جغرافیایی بین طول‌های جغرافیایی ۱۵' و ۴۸' تا ۲۰' و ۴۸'، همچنین عرض‌های جغرافیایی ۳۸' و ۳۲' تا ۴۵' و ۳۲' قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی در شکل (۱) نشان داده شده است. هدف از اجرای طرح سد مخزنی بالارود، تأمین آب برای مصارف مختلف از قبیل کشاورزی، آشامیدنی، کنترل جریان‌های سیلابی رودخانه، تولید انرژی برقی و همچنین به‌منظور حفظ محیط‌زیست منطقه مطالعاتی در پایین‌دست سد است. در جدول (۱) برخی از مشخصات فنی سد بالا رود نمایش داده شده است. (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۹).

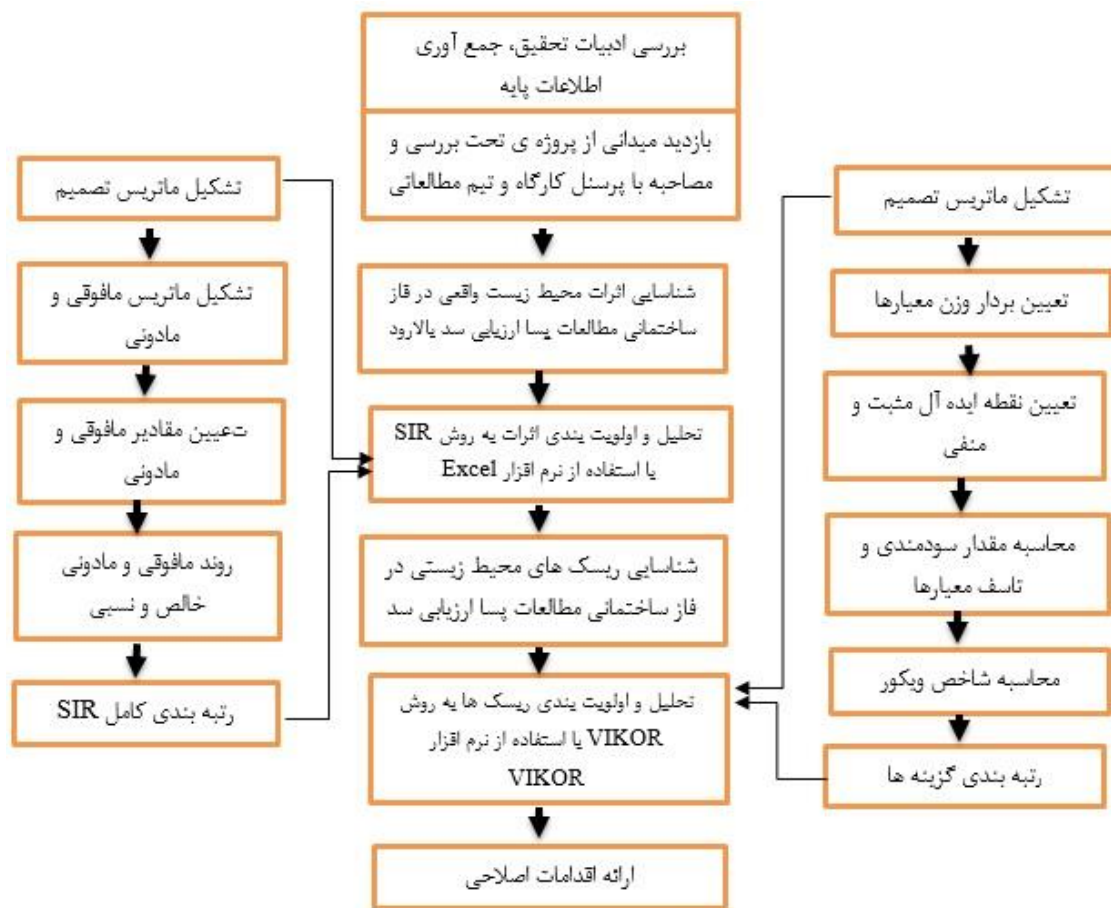
جدول (۱): مشخصات فنی سد (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۹)

نوع سد	خاکی با هسته رسی قائم
ارتفاع از پی	۷۷/۵ متر
ارتفاع از کف رودخانه	۷۵/۵ متر
عرض تاج	۱۰ متر
طول تاج	۱۰۷۰ متر
تراز تقریبی کف رودخانه	۲۶۵ متر از سطح دریا

که، آسیب به منطقه حفاظت‌شده سرخ‌آباد، تشدید فرسایش و زلزله، به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌های سد شناسایی شدند (ساده و رضایان، ۲۰۱۷). جوزی و همکاران مطالعه‌ای با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک‌های احتمالی ناشی از عملیات ساختمانی سد بالارود با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP و Topsis) انجام دادند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که ریسک عوامل خاکبرداری و خاکریزی، حفاری و انفجار مهم‌ترین ریسک‌های محیط‌زیستی در منطقه می‌باشند (جوزی و همکاران، ۱۳۸۹). در مقاله ارائه‌شده توسط بری^۱ و همکاران به دلیل جامعیت بالای روش تصمیم‌گیری رتبه‌بندی مادونی و مافوقی، با بهره‌گیری از این روش و با توجه به طیف گسترده‌ای از معیارهای هزینه، فنی، پایداری و امنیت انرژی، به اولویت‌بندی سوخت‌های متنوع مطرح پرداخته شده است (بری و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین سبزی‌علی و همکاران در مطالعه خود با عنوان انتخاب و ارزیابی سیستم بهینه ERP با استفاده از رویکرد ANP-VIKOR در صنعت لوازم‌خانگی، بیان می‌کنند که سازمان‌ها همیشه به دنبال بهینه‌ترین نوع سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی جهت دستیابی به مزایای رقابتی هستند. روش ANP-VIKOR به‌منظور دستیابی به اهداف تعیین‌شده مورد استفاده قرار گرفته و مطلوب‌ترین گزینه از بین معیارهای معرفی‌شده تعیین گردید (سبزی‌علی و همکاران، ۲۰۱۶).

سد مخزنی بالارود در جنوب غرب ایران استان خوزستان و در فاصله تقریبی ۲۵ کیلومتری شهر اندیمشک بر روی رودخانه بالارود از سرشاخه‌های رودخانه دز واقع شده است (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۹).

ساخت سدهای بزرگ اثرات محیط‌زیستی، بیولوژیکی، بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی بر محیط اطرافشان وارد می‌نماید (نجمائی، ۱۳۸۵). توسعه روزافزون ساخت‌وساز سد در جهان، به‌ویژه در ایران، نیاز به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی را مشخص می‌کند (نیک‌بخت و شاه‌مقصودی حیدری، ۱۳۸۹). علاوه بر این اجرای پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی



شکل (۲): مراحل انجام فرایند پیگیری EIA طی مطالعات پسا ارزیابی سد مخزنی بالا رود

بررسی وضعیت موجود محیط و شناسایی اثرات

محیط زیستی واقعی سد بالا رود

یکی از مهم ترین مراحل در مطالعات پسا ارزیابی، شناسایی اثرات واقعی پروژه های اجرایی بر محیط زیست پیرامون آن ها است که لازمه آن بررسی دقیق فعالیت های اجرایی و شناخت تغییرات ایجاد شده در محیط اجرای پروژه شامل پارامترهای فیزیکی و شیمیایی می باشد.

تنها داده های موجود از وضعیت پارامترهای محیط زیستی در طول دوره نسبتاً طولانی احداث سد بالا رود آزمایش های انجام شده توسط سازمان آب و برق خوزستان و شرکت مهندسی مشاور دز آب می باشند و در نتیجه به منظور شناسایی و تجزیه و تحلیل اثرات واقعی و شناسایی ریسک های محیط زیستی از نتایج این آزمایش های استفاده گردید. ایستگاه دوکوهه تنها ایستگاه آنالین منطقه است

که از نتایج آزمایش های انجام شده در این ایستگاه برای بررسی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب رودخانه بالا رود استفاده و مقادیر شاخص های مورد نیاز شامل مقادیر آلاینده های آب، هدایت الکتریکی ^۱ EC، و کل املاح محلول ^۲ TDS، میزان BOD، COD و کلیفرم مدفوعی طی سال های (۹۷-۷۵) برای آب های سطحی و زیرزمینی استخراج گردید (محل استقرار ایستگاه دوکوهه و نقاط نمونه برداری در شکل (۱) نشان داده شده است.

فعالیت های ساختمانی سد (عملیات خاکبرداری و خاکریزی، تخریب پوشش گیاهی، حمل و نقل ماشین آلات و مصرف سوخت های سنگین و فرسوده و ...) بر کیفیت هوای منطقه مورد مطالعه اثرگذار است. بنابراین بررسی کیفیت هوا در مرحله ساختمانی امری ضروری است. آزمایش های اندازه گیری کیفیت هوا بر روی پارامترهای مهم از جمله ذرات

۲ . Total dissolved solids

۱ . Electrical Conductivity

صورت می‌گیرد. ماتریس (S) برتری هر گزینه در هر معیار را نشان می‌دهد، درحالی‌که ماتریس (I) مشخص می‌کند که چه مقدار یک گزینه در مقایسه با سایر گزینه‌ها در رتبه پایین‌تر قرار دارد. در این روش امتیازدهی بر اساس تعریف حقیقی، مطابق رابطه (۱) می‌باشد (مرزوک، ۲۰۰۸)

$$d = g(A) - g(A'), f(d) \begin{cases} 1, & d > 0 \\ 0, & d \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

d اختلاف ضرایب عملکرد دو گزینه A و A متناظر با یک معیار g است. روابط (۲) و (۳) ساختار ارجحیت بر اساس معیار تعریف شده در رابطه (۱) را نشان می‌دهند (جدول ۲).
 $APA' \text{ if } g(A) > g(A')$ (۲)
 $APA' \text{ if } g(A) = g(A')$ (۳)
 در معادله‌های زیر f_i یکی از شش معیار تعمیم‌یافته جدول (۲) که متناسب با زامین معیار $j=1,2,\dots,n$ است، می‌باشد. برای هر دو گزینه A_i و A_k رابطه A_i شدت ارجحیت یا برتری گزینه A_i و A_k با توجه به معیار زام است برای هر گزینه A_i ، $S_j(A_i)$ به‌عنوان شاخص برتری و $I_j(A_i)$ به‌عنوان شاخص مادونی متناظر با معیار زام تعریف می‌شود.

$$S_j(A_i) = \sum_{k=1}^m p_j(A_i, A_k) = \sum_{k=1}^m f_j(g_j(A_i) - g_j(A_k)) \quad (4)$$

$$I_j(A_i) = \sum_{k=1}^m p_j(A_i, A_k) = \sum_{k=1}^m f_j(g_j(A_i) - g_j(A_k)) \quad (5)$$

حال ماتریس‌های برتری S و مادونی I در رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$s = \begin{bmatrix} s_1(A_1) & \dots & s_j(A_1) & \dots & s_n(A_1) \\ s_1(A_2) & \dots & s_j(A_2) & \dots & s_n(A_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_1(A_m) & \dots & s_j(A_m) & \dots & s_n(A_m) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$s = \begin{bmatrix} I_1(A_1) & \dots & I_j(A_1) & \dots & I_n(A_1) \\ I_1(A_2) & \dots & I_j(A_2) & \dots & I_n(A_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ I_1(A_m) & \dots & I_j(A_m) & \dots & I_n(A_m) \end{bmatrix} \quad (7)$$

معلق و گازهای CO_2 ، SO_2 ، توسط شرکت مشاور مهندسی دز آب و در سال ۱۳۸۹ به انجام رسید. محل نمونه‌برداری خروجی آگزوز ماشین‌آلات و خروجی دهانه تونل بوده است. بررسی آلودگی صوتی محیط کارگاه و محل احداث تونل در فاصله ۴۰ کیلومتری تجهیزات مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی واقعی

شناسایی اثرات محیط‌زیستی واقعی از طریق بررسی وضعیت موجود محیط، مطالعات و بازدیدهای میدانی و بررسی نتایج آزمایش‌های انجام‌شده بر روی پارامترهای محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب فهرستی از عمده‌ترین اثرات محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌ها در مرحله ساختمانی از مطالعات پسا ارزیابی سد مخزنی بالارود در فاز ساختمانی شناسایی گردید و در پرسشنامه گنجانده شد و با نظر خبرگان میزان اهمیت، شدت و احتمال وقوع آن‌ها را بر طبق طیف امتیازدهی لیکرت (۱ تا ۵) نمرده دهی شد. سپس با استفاده از روش رتبه‌بندی مادونی و مافوقی (SIR) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در ادامه روش رتبه‌بندی مادونی و مافوقی (SIR) شرح داده می‌شود.

روش رتبه‌بندی مادونی و مافوقی (SIR):

روش برتری مادونی و مافوقی (SIR) یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری در ارزیابی و رتبه‌بندی معیارها است. در سال ۱۹۹۳ برای تئوری فازی را در قالب رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه نمود که در آن بحث امتیاز برتری و مادونی گزینه‌ها برای اولین بار مطرح شد. SIR سودمندترین روش برای حل مسائل پیچیده، به‌ویژه برای مسائلی با معیارهای مختلف و شامل نظرات و قضاوت‌های فردی است از آن مهم‌تر مزیت قطعی آن زمانی است که مؤلفه‌های اصلی تصمیم‌گیری با چالش کمیت یا مقایسه مواجه باشند. همچنین برای انتخاب گزینه برتر نتایج جامعی ارائه می‌کند (آپریکوویس و تزنگ^۱، ۲۰۰۷). در این روش رتبه‌بندی بر اساس ماتریس برتری گزینه‌ها (S) و ماتریس مادونی (I)

جدول (۲): معیارهای تعمیم یافته (آپریکوویس و تزنگ، ۲۰۰۷)

تابع نوع اول: معیارهای حقیقی $f(d) = \begin{cases} 1, & d > q \\ 0, & d \leq q \end{cases}$	تابع نوع دوم: شبه معیار $f(d) = \begin{cases} 1, & d > q \\ 0, & d \leq q \end{cases}$	تابع نوع سوم: معیار با ترجیح خطی $f(d) = \begin{cases} d/p, & d > q \\ 1, & 0 < d \leq p \\ 0, & d \leq p \end{cases}$
تابع نوع چهارم: معیارهای پله‌ای $f(d) = \begin{cases} 1, & d > q \\ 1/2, & q < d \leq p \\ 0, & d \leq q \end{cases}$	تابع نوع پنجم: معیار با ترجیح خطی و منطقه بی تفاوتی $f(d) = \begin{cases} 1, & d > q \\ (d - q)/(p - q), & q < d \leq p \\ 0, & d \leq q \end{cases}$	تابع نوع ششم: معیار گوسین $f(d) = \begin{cases} 1 - \exp(-d^2/2\sigma^2), & d > 0 \\ 0, & d \leq 0 \end{cases}$

به طور کلی رتبه بندی برتری $>$ و رتبه مادونی $R <$ دو رتبه بندی متفاوت می باشند که باید با ترکیب آن ها $R > \cap R <$ به رتبه بندی نهایی رسید.

ارزیابی ریسک های محیط زیستی

مطالعات ارزیابی ریسک محیط زیستی بعد از شناسایی اثرات واقعی پروژه، در مرحله پیگیری (FOLLOW UP)، از مطالعه پسا ارزیابی سد مخزنی بالا رود انجام شد. در این مرحله نیز، با توجه به انجام بازدیدهای میدانی و بررسی وضعیت موجود محیط زیست منطقه تحت تأثیر (محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی)، ریسک های محیط زیستی در فاز ساختمانی بر پایه عوامل و اثرات واقعی شناسایی شده تعیین گردید. سپس ریسک های شناسایی شده با استفاده از روش راهکار توافقی و بهینه سازی چند معیاره VIKOR بر اساس معیارهای شدت، احتمال وقوع و گستره آلودگی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. امتیازدهی پارامترها بر اساس معیارهای (شدت، احتمال وقوع و گستره آلودگی) با مقیاس روش تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار محیط زیستی^۱ (EFMEA) (۵-۱) نمره دهی شد به طوری که در شدیدترین حالات رتبه ۵ و در کمترین حالات رتبه ۱ به پارامتر مورد نظر تعلق گرفت. توضیح پارامترهای فوق در جداول ۳ تا ۵ آمده است.

تعیین مقادیر مافوقی و مادونی

رابطه های (۸) و (۹) مقادیر روند برتری گزینه A_i یعنی $\varphi >$ (A_i) و روند مادونی یعنی $\varphi <$ (A_i) را با استفاده از روش SAW یا TOPSIS نشان می دهد.

$$\varphi < (A_i) = \sum_{j=1}^n W_j S_j(A_i) \quad (8)$$

$$\varphi < (A_i) = \sum_{j=1}^n W_j I_j(A_i) \quad (9)$$

روند مافوقی و مادونی خالص و برتری:

روند برتری خالص و برتری مطابق روابط (۱۰) و (۱۱) محاسبه می گردد.

$$\varphi < (A_i) = \varphi > (A_i) - \varphi < (A_i) \quad (10)$$

$$\varphi < (A_i) = \frac{\varphi > (A_i)}{\varphi > (A_i) + \varphi < (A_i)} \quad (11)$$

رتبه بندی مافوقی و مادونی

مقادیر بیشتر $\varphi > (A_i)$ و میزان کمتر $\varphi < (A_i)$ منجر به ارجحیت بیشتر A_i بر سایر گزینه ها می شود. روابط بعدی به ترتیب رتبه برتری $R >$ و رتبه مادونی $R <$ را نشان می دهند.

رتبه بندی نهایی:

جدول (۳): رتبه‌بندی شدت EFMEA (طبیب زاده مقدم و همکاران، ۲۰۱۵)

امتیاز	شرح شدت	شدت
۵	بسیار مضر یا مخرب بالقوه/اتلاف یا مصرف بسیار زیاد منابع	شدید/فاجعه‌آفرین
۴	مضر اما مخرب بالقوه نیست/اتلاف یا مصرف زیاد منابع	جدی
۳	نسبتاً مضر/اتلاف یا مصرف متوسط منابع	متوسط
۲	پتانسیل کم برای ضرر دارد/اتلاف یا مصرف کم منابع	خفیف
۱	ضرر ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن است/اتلاف یا مصرف ناچیز منابع	ضرر ناچیز

روش VIKOR یک روش جدید در تصمیم‌گیری چند معیاره است که اخیراً برای حل یک مسئله تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامتناسب و متعارض توسط اپروکویک (۱۹۹۸) و تزنگ (۲۰۰۲) ایجاد شده است. این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از بین یک مجموعه‌ای از گزینه‌ها در مسئله‌ای با معیارهای متعارض استفاده می‌گردد (آپریکوویس و تزنگ، ۲۰۰۷). به طوری که قادر است تصمیم‌گیرندگان را برای دستیابی به یک تصمیم نهایی باری دهد. مراحل روش در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، با n معیار و m گزینه به شرح ذیل است:

تشکیل ماتریس تصمیم:

با توجه به ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود به طوری که X_{ij} عملکرد گزینه i ام در ارتباط با معیار j ام است.

تعیین بردار وزن معیارها: در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، با استفاده از روش‌هایی مانند آنتروپی یا AHP و ... بردار وزن تعریف می‌شود:

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

تعیین نقطه ایدئال مثبت و منفی: برای هر معیار بهترین (f^+) بدترین مقدار برای معیار j ام) و بدترین (f^-) بدترین مقدار برای معیار j ام) هر یک را در میان گزینه‌ها تعیین می‌شود. اگر تمامی f^+ را به هم پیوند بزنیم یک ترکیب بهینه با بیشترین امتیاز خواهد داد (نقطه ایدئال مثبت) و در مورد f^- نیز بدترین امتیاز (نقطه ایدئال منفی) را خواهد داد.

$$f^+ = \max f_{ij}$$

$$f^- = \min f_{ij}$$

محاسبه مقدار سودمندی و تأسّف معیارها: S_i بیانگر فاصله نسبی گزینه i ام از راه‌حل ایدئال مثبت و R_i بیانگر حداکثر ناراحتی گزینه i ام از دوری از راه‌حل ایدئال مثبت است که مطابق روابط (۱۲) و (۱۳) محاسبه می‌گردد.

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j \times \frac{f^* - f_{ij}}{f^* - f^-} \quad (12)$$

$$R_i = \max \left[W_j \times \frac{f^* - f_{ij}}{f^* - f^-} \right] \quad (13)$$

جدول (۴): رتبه‌بندی احتمال وقوع EFMEA (طبیب زاده مقدم و همکاران، ۲۰۱۵)

امتیاز	طبقه	احتمال وقوع
۵	خیلی زیاد	رخداد بسیار زیاد و حتمی (امکان دارد هرروز اتفاق بیافتد)
۴	زیاد	رخداد معمول (امکان دارد در طول هفته اتفاق بیافتد)
۳	متوسط	رخداد متحمل و متوسط (امکان دارد در طول ماه اتفاق بیافتد)
۲	کم	رخداد کم‌مقدار (امکان دارد در طول سال یک‌بار اتفاق بیافتد)
۱	خیلی کم	رخداد غیرممکن و بعید (امکان دارد در هر ۱۰ سال یک‌بار اتفاق بیافتد)

جدول (۵): رتبه‌بندی گستره آلودگی EFMEA (طبیب زاده مقدم و همکاران، ۲۰۱۵)

امتیاز	طبقه	گستره آلودگی
۵	خیلی زیاد	منطقه‌ای
۴	زیاد	در سطح پروژه
۳	متوسط	در سطح کارگاه
۲	کم	در سطح واحد
۱	خیلی کم	در سطح ایستگاه کاری

روش راهکار توافقی و بهینه‌سازی چند معیاره VIKOR

تا ۸ میلی گرم در لیتر و COD بین ۱۸ تا ۲۸ میلی گرم در لیتر است. مقایسه آن با مقادیر استاندارد WHO در رودخانه نشان می‌دهد که بالاتر از حد مجاز می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار پارامتر کلیفرم کل به تعداد MPN/100ml 1033 و کمترین مقدار آن به تعداد MPN/100ml 534 در طول دوره مطالعه می‌رسد. مقایسه میانگین مقادیر این پارامتر با مقادیر استاندارد WHO در رودخانه نشان می‌دهد که در حد مجاز بوده و طبق استاندارد ایران در مقادیر حداکثر بالاتر از حد مجاز است. ورود مستقیم یا غیرمستقیم پساب ناشی از اثر فعالیت‌های ساختمانی از جمله واحدهای صنعتی (واحد بچینگ و سنگ‌شکن‌ها و...)، و فاضلاب بهداشتی کمپ‌های محل استقرار کارگران به رودخانه می‌تواند از دلایل عمده این موضوع باشد. در طی سال‌های ۹۷-۷۵ مقدار کل املاح محلول (TDS) آب رودخانه بالارود رو به افزایش بوده و این روند با شروع مرحله ساختمانی تشدید یافته است، به طوری که بیشترین مقدار آن 2005/۳۳ میلی گرم در لیتر را نشان داد و طبق استانداردهای سازمان محیط‌زیست، کیفیت آب در این پارامتر جهت آشامیدنی و کشاورزی و آبی‌پروری در وضعیت نامناسب قرار دارد. از آنجایی که مقدار TDS رابطه مستقیمی با مقدار هدایت الکتریکی (EC) آب خواهد داشت بنابراین مقدار EC نیز در طی دوره ساختمانی روند افزایشی را نشان داده است. بیشترین مقدار (EC 1083/4 us/cm) است. مقدار این پارامتر طبق استاندارد FAO جهت مصارف کشاورزی نامناسب است. نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر روی آلاینده‌های هوا در محل احداث سد بالارود در سال ۱۳۸۹ و مقایسه با استاندارد سازمان محیط‌زیست حاکی از این است میزان CO و SO₂، در بیشتر ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده، بالاتر از استاندارد می‌باشد که این امر بیشتر به دلیل فعالیت ماشین‌آلات سنگین می‌باشد. همچنین بررسی نتایج ارزیابی صدا، در محل احداث سد نشان می‌دهد که مقادیر به دست آمده در آزمایش‌های کمتر از حد مجاز می‌باشد.

اولویت‌بندی اثرات محیط‌زیستی واقعی حاصل از روش

SIR

همان‌طور که در بخش روش کار بیان شد، شناسایی اثرات محیط‌زیستی واقعی سد مخزنی بالارود اولین گام در مرحله پیگیری از مطالعات پسا ارزیابی است. در مجموع ۱۶ اثر

محاسبه شاخص ویکور: برای هر گزینه شاخص ویکور با رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$Q_i = v \left[\frac{s_i - s^*}{s^- - s^*} \right] + (1-v) \left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right] \quad (14)$$

$$S^* = \min s_j; S^- = \max S_j$$

$$R^* = \min R_j; R^- = \max R_j$$

رتبه‌بندی گزینه‌ها: گزینه‌ها بر اساس مقادیر S, R و Q و به صورت نزولی مرتب می‌شوند. گزینه A به عنوان یک حل توافقی به گونه‌ای که با توجه به مقدار Q (مینیمم) و با در نظر گرفتن دو شرط زیر به عنوان بهترین رتبه‌بندی شده است پیشنهاد می‌شود.

دو شرط نهایی تصمیم‌گیری با تکنیک ویکور: در گام پایانی از تکنیک ویکور، گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q, R, S در سه گروه از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند. بهترین گزینه آن است که کوچک‌ترین Q را داشته باشد به شرط آنکه دو شرط زیر برقرار باشد: شرط یک: اگر گزینه A₁ و A₂ در میان m گزینه رتبه اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه (۱۵) برقرار باشد.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1} \quad (15)$$

شرط دو: گزینه A₁ باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد هر دو گزینه بهترین گزینه خواهند بود. اگر شرط دوم برقرار نباشد گزینه A₁ و A₂ هر دو به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شوند (عادل و رجب‌زاده، ۱۳۹۶).

نتایج و بحث

نتایج بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه بالارود، از طریق بررسی آزمایش‌های میکروبیولوژی انجام شده توسط سازمان آب و برق خوزستان در ایستگاه منتخب شکل (۱)، به شرح زیر است:

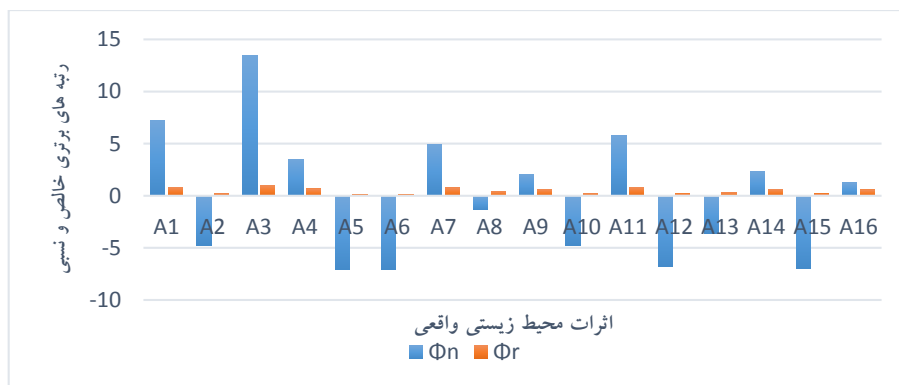
بررسی و آنالیز آماری پارامترهای کیفی آب در ایستگاه موجود در محدوده مطالعاتی و مقایسه آن با استاندارد، بیانگر این است که مقادیر پارامترهای میکروبی و بیولوژیکی فراتر از حد استاندارد است. میزان BOD اندازه‌گیری شده بین ۶

دست آمدند. نمودار (۱) نتایج حاصل از این روش را نشان می‌دهد. در طی فاز ساختمانی تغییرات عمده‌ای در کیفیت آب رودخانه در پایین‌دست محل احداث بندهای انحرافی پیش آمده است به علت تغییر مسیر جریان رودخانه و برداشته شدن پوشش طبیعی خاک منطقه، افزایش غلظت املاح در آب رودخانه ایجاد شده است و این وضعیت افت کیفیت آب برای مصارف آبیاری را به دنبال داشته و ساخت‌وساز سد غلظت املاح موجود در آب را تشدید نموده است.

واقعی در مرحله ساختمانی شناسایی و از A_1 تا A_{16} به‌اختصار نام‌گذاری شده‌اند جدول (۶). با استفاده از این روش در گام اول، اثرات محیط‌زیستی واقعی به‌عنوان گزینه بر اساس معیارهای (شدت، احتمال وقوع و اهمیت اثرات) نمره دهی شد. پس از طی کردن مراحل اصلی با روش SIR، نتایج حاصل از روند برتری خالص و نسبی تحلیل و اولویت‌بندی اثرات واقعی موردبررسی در جدول (۶) ذکر شده است. اثر بر کیفیت آب‌های سطحی، کمیت آب‌های سطحی و اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی به ترتیب با امتیاز برتری خالص $۱۳/۵$ ، $۷/۱۹۸$ و $۵/۷۵۷$ از مهم‌ترین اثرات محیط‌زیستی واقعی سد مخزنی بالا رود در روش SIR به

جدول (۶): نتایج روند برتری خالص و نسبی اثرات محیط زیستی واقعی در فاز ساختمانی مطالعات پسا ارزیابی

محیط	اثرات محیط زیستی واقعی	برتری خالص φ_n	برتری نسبی φ_r	R_n	R_r
فیزیکی و شیمیایی	A_1 کمیت آب سطحی	۷/۱۹۸	۰/۸۲۱	۲	۲
	A_2 کمیت آب زیرزمینی	-۴/۷۶	۰/۲۲۹	۱۱	۱۱
	A_3 کیفیت آب سطحی	۱۳/۵	۱	۱	۱
	A_4 کیفیت آب زیرزمینی	۳/۵۲۳	۰/۶۶۰	۵	۵
	A_5 صدا	-۷/۰۸	۰/۱۴۷	۱۴	۱۴
	A_6 کیفیت هوا و اقلیم	-۷/۰۸	۰/۱۴۷	۱۴	۱۴
	A_7 فرسایش خاک	۴/۸۷۳	۰/۷۷۹	۴	۴
	A_8 فشرده شدن خاک	-۱/۳۳۹	۰/۴۱۴	۹	۹
بیولوژیکی	A_9 گیاهان	۲/۰۸۶	۰/۶۱۸	۷	۷
	A_{10} جانوران	-۴/۷۶	۰/۲۲۹	۱۱	۱۱
	A_{11} اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی	۵/۷۵۷	۰/۸۱۸	۳	۳
اقتصادی - اجتماعی و فرهنگی	A_{12} جمعیت	-۶/۸۳۱	۰/۱۹۵	۱۲	۱۲
	A_{13} اشتغال و درآمد	-۳/۶۶۸	۰/۳۳۳	۱۰	۱۰
	A_{14} تملک اراضی	۲/۳۳۶	۰/۶۳۰	۶	۶
	A_{15} عدم پذیرش اجتماعی	-۶/۹۶۵	۰/۱۶۸	۱۳	۱۳
	A_{16} میراث فرهنگی	۱/۲۶	۰/۵۶۸	۸	۸



نمودار (۱): مقایسه‌ای بین نتایج رتبه‌بندی برتری خالص و نسبی

به‌عنوان بیشترین ریسک و کاهش امنیت زیستگاه پستانداران (A8) به‌عنوان کمترین ریسک در شرایط توافق بالا، متوسط و پایین شناسایی شدند. در طی فاز ساختمانی به علت عملیات خاک‌برداری و خاکریزی، عملیات برداشت مصالح از منابع قرضه و تهیه مصالح و اجرای هسته رسی و احداث جاده‌های دسترسی ورود رسوبات به منابع آب و افزایش بار مواد معلق و محلول توسط جریان آب سطحی ایجاد شده است. همچنین تخلیه مستقیم فاضلاب کمپ‌ها و مکان‌های اداری به منابع پذیرنده منجر به افزایش میزان BOD و COD و کلیفرم مدفوعی رودخانه و کاهش اکسیژن محلول آب رودخانه شده و آلودگی آب را ایجاد می‌کنند.

تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی به روش VIKOR

ریسک‌های شناسایی شده در دوره ساخت در مرحله پیگیری از مطالعه پسا ارزیابی سد مخزنی بالارود بر پایه عوامل و اثرات واقعی شناسایی شده تعیین شد که در جدول (۷) نشان داده شده است، سپس با استفاده از روش VIKOR ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها بر اساس معیارهای شدت، احتمال وقوع و گستره آلودگی با نرم‌افزار VIKOR صورت گرفت (جدول ۷). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از روش VIKOR ریسک‌های آلودگی آب (A1) در شرایط توافق بالا (یعنی $v=0.8$) با وزن $1,300$ ، توافق متوسط (یعنی $v=0.5$) با وزن $1,000$ و در توافق پایین (یعنی $v=0.2$) با وزن $0,700$

جدول (۷): نتایج ارزیابی ریسک سد مخزنی بالارود در فاز ساختمانی مطالعات پسا ارزیابی

ریسک‌های محیط‌زیستی	$Q_{v(0.8)}$	$Q_{v(0.5)}$	$Q_{v(0.2)}$
A1 آلودگی آب رودخانه بالارود	1,300	1,000	0,700
A2 افت کیفیت زیستگاه آبی و از بین رفتن لارو ماهی‌ها و گونه‌های آبی در رودخانه	0,940	0,696	0,452
A3 تشدید فرسایش و تغییر ژئومورفولوژی منطقه	0,577	0,454	0,332
A4 کاهش دبی طبیعی رودخانه در فصول بدون بارندگی	0,725	0,546	0,368
A5 افت کیفیت زیستگاه خاکی	0,577	0,454	0,332
A6 کاهش تراکم و حذف گونه‌های گیاهی نظیر: بلوط و گون	0,257	0,190	0,123
A7 کاهش جمعیت و زیستگاه ماهیان (خانواده کپور ماهیان) موجود در رودخانه بالارود	0,295	0,185	0,074
A8 کاهش امنیت زیستگاه پستانداران منطقه نظیر: کل و بز، قوچ و میش	0,000	0,000	0,000
A9 کاهش امنیت زیستگاه پرندگان در معرض خطر انقراض (غاز پیشانی سفید کوچک)	0,434	0,301	0,168
A10 تخریب سیمای طبیعی منطقه طرح	0,577	0,454	0,332

برخی از پارامترها از جمله کل املاح محلول (TDS)، در طی سال‌های ۹۷-۷۵ حاکی از آن است که مقدار TDS آب رودخانه بالارود رو به افزایش بوده و این روند با شروع مرحله ساختمانی تشدید یافته است. از آنجایی که مقدار TDS رابطه مستقیمی با مقدار هدایت الکتریکی (EC) آب خواهد داشت بنابراین مقدار EC نیز در طی دوره ساختمانی بر اساس آزمایش‌های صورت گرفته بر روی این پارامتر روند افزایشی را نشان داده است (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۷). پساب صنعتی طرح عمدتاً ناشی از فعالیت‌های مربوط به سنگ‌شکن‌ها و ماسه‌شوی‌ها و واحد بچینگ است. آزمایش‌ها انجام شده بر روی پساب ورودی و خروجی سنگ‌شکن نشان می‌دهد که پساب خروجی سنگ‌شکن از کدورت بسیار بالایی برخوردار است و این امر سبب آلودگی آب رودخانه و از بین رفتن موجودات آبی گردیده است که نشان‌دهنده کارایی ضعیف حوضچه‌های تبخیری می‌باشد. اثر فعالیت‌های دوره ساخت از قبیل سوخت‌گیری ماشین‌آلات و ریخته شدن مواد نفتی از محل سوخت‌گیری و یا از زیر ماشین‌آلات و احياناً شستشوی ماشین‌آلات و وسایل در مسیر رودخانه، آلودگی آب به مواد سمی را افزایش داده است (منوری، ۱۳۸۱). یکی دیگر از شاخص‌ترین اثرات در فاز ساختمانی افزایش فرسایش و رسوب‌گذاری در پایین‌دست محل سد است. بالا رفتن میزان ذرات معلق آب و رسوب آن‌ها موجب از بین رفتن جانوران کفزی گردیده است و این حالت موجب حذف مواد غذایی تعدادی از گونه‌های محیط‌های آبی شده و تعادل سیستم اکولوژیک این محیط‌ها را برهم زده است و افت کیفیت زیستگاه آبی را ایجاد نموده است. همان‌طور که گفته شد، احداث سد مخزنی بالارود بر روی رودخانه بالارود از سرشاخه‌های رودخانه دز واقع شده است. به‌طور کلی به هنگام عملیات ساختمانی سد، تغییر مسیر رودخانه در محل احداث آن صورت می‌گیرد که تغییراتی در کمیت آب رودخانه‌ها ایجاد نموده است. البته برداشت مقداری آب جهت عملیات ساختمانی را می‌توان ذکر کرد. جهت عملیات اجرایی احداث این سد، تونل انحراف ایجاد شده است و برای زمان گودبرداری جهت استحصال مصالح آبرفتی و خشک نگه‌داشتن سطح محدوده زیر بستر سد و محدوده عملیاتی، فرازبند و نشیب بند ایجاد شده است. بدین ترتیب در دوره ساختمانی حجمی از آب در این تأسیسات

نتایج حاصل از شناسایی اثرات واقعی و ارزیابی ریسک نشان داد که عمده اثرات و ریسک‌های محیط‌زیستی منفی طرح بر پارامترهای محیط فیزیکی و شیمیایی می‌باشند، لذا عمده تأثیرات منفی طرح بر محیط فیزیکی و شیمیایی بوده و می‌تواند شامل اثر بر کیفیت آب‌های (سطحی و آب‌های زیرزمینی، آلودگی خاک، آلودگی صوتی و اثر بر کیفیت هوا) باشد. همان‌طور که ذکر شد، هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها با استفاده از روش‌های SIR و VIKOR با رویکرد مطالعات پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی است. برای دستیابی به این هدف، پس از مطالعه در زمینه روش‌های مختلف ارزیابی اثرات، به دلیل جامعیت بالای روش تصمیم‌گیری رتبه‌بندی مادونی و مافوقی SIR برای اولویت‌بندی اثرات واقعی شناسایی شده در مرحله پیگیری به‌عنوان روش کار انتخاب شد. سپس به بررسی شرایط فنی و محیط‌زیستی سد پرداخته شد و گزینه‌های اثرات واقعی سد شناسایی شد و با روش SIR بررسی و اولویت‌بندی گردید. مهم‌ترین اثرات محیط‌زیستی واقعی سد مخزنی بالارود، اثر بر کیفیت آب‌های سطحی با امتیاز برتری خالص ۱۳/۵، کمیت آب‌های سطحی با امتیاز برتری خالص ۷/۱۹۸ و اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی تحت اثر با امتیاز برتری خالص ۵/۷۵۷ می‌باشند. سپس بر پایه عوامل و اثرات شناسایی شده ریسک‌های محیط‌زیستی تعیین شد و اولویت‌بندی ریسک‌ها به‌وسیله روش VIKOR انجام شد. مهم‌ترین ریسک سد بالارود در فاز ساختمانی آلودگی آب به ترتیب با امتیاز ۰/۷۰۰، ۱/۰۰۰ و ۱/۳۰۰ برای شرایط پایین، متوسط و بالا انتخاب گردید. در منطقه مورد مطالعه، آب رودخانه بالارود شامل آب ناشی از بارندگی فصلی است و کیفیت آب آن مطلوب است. در طی فاز ساختمانی تغییرات عمده‌ای در کیفیت آب رودخانه در پایین‌دست محل احداث بندهای انحرافی پیش آمده است. از آنجایی که عملیات ساختمانی در طی چند سال طول کشیده است و طی این مدت به علت تغییر مسیر جریان رودخانه و برداشته شدن پوشش طبیعی خاک منطقه، افزایش غلظت املاح در آب رودخانه ایجاد شده است و این وضعیت افت کیفیت آب برای مصارف آبیاری را به دنبال داشته و ساخت‌وساز سد غلظت املاح موجود در آب را تشدید نموده است. بررسی آزمایش‌های انجام شده بر روی

شایع‌ترین دلایل برای عدم بررسی پیش‌بینی اثرات برخی از پارامترها، اطلاعات نامناسب، عدم دقت در بررسی اثرات و نادیده گرفتن برخی از اثرات در مرحله ساختمانی است. لیکن با ارائه برنامه مدیریتی که راه‌های مقابله و به حداقل رساندن اثرات محیط‌زیستی واقعی در مرحله پیگیری در منطقه می‌توان نسبت به کاهش اثرات واقعی شناسایی شده، اقدام کرد و از شدت و دامنه آن‌ها تا حد زیادی کاست. اقدامات اصلاحی پیشنهادی برای مهم‌ترین اثراتی که منجر به ریسک‌های بالقوه در منطقه شده‌اند، شناسایی شده است (جدول ۸). همان‌طور که گفته شد تأثیر بر کیفیت آب سطحی در طی عملیات ساخت غیرقابل اجتناب است جلوگیری از ورود فاضلاب انسانی و صنعتی به رودخانه، دقت در نحوه عملیات خاکبرداری و خاکریزی و جلوگیری از شستشوی ماشین‌آلات در حاشیه رودخانه می‌تواند در کاهش این اثر مؤثر باشد. همچنین کلیه اقداماتی که از مصرف بی‌رویه آب در حین عملیات ساخت منجر به کاهش آثار بر کمیت آب رودخانه بالا رود شود می‌تواند در کاهش این اثر کمک بسیاری داشته باشد و تا حد امکان با جلوگیری از قطع درختان می‌توان اثرات جدی بر اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی را کاهش داد.

نگه‌داشته شده و موجب تغییراتی در رژیم پایین دست رودخانه شده است. همچنین با توجه به کاهش دبی رودخانه در طی کاهش بارندگی و روند تغییرات سری آبدهی طی سال‌های ۹۴-۷۵ نشان داد که عملیات ساختمانی نیز کاهش میزان دبی رودخانه بالا رود را تشدید نموده است (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۷). بررسی‌ها و مشاهدات میدانی نشان داد که برداشت مصالح از کف رودخانه و عمیق شدن بستر رودخانه، تخریب پوشش گیاهی و کلیه عملیات احداث سد از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی تحت اثر می‌باشند که این فعالیت‌ها منجر به افزایش املاح آب و خصوصاً رسوبات در محدوده اثرات بلا فصل و محدوده تحت تأثیر مستقیم (در بخش پایین دست سد)، افزایش سرعت آب در بالادست محل ساخت و ساز و اثر بر زیستگاه آبزیان و همچنین تغییرات شدید اکوسیستم آبی می‌باشد. در مجموع نتایج این مطالعه با توجه به اثرات واقعی شناسایی شده در مرحله پیگیری و مقایسه این اثرات با اثرات پیش‌بینی شده در گزارش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA) سد بالا رود، نشان می‌دهد که اثرات پیش‌بینی شده در گزارش EIA سد مخزنی بالا رود به صورت دقیق و جامع مورد بررسی قرار نگرفته است.

جدول (۸): اقدامات اصلاحی به منظور کاهش مهم‌ترین اثرات واقعی سد بالا رود خوزستان در مرحله ساختمانی مطالعات پسا ارزیابی

اقدامات اصلاحی	اثرات محیط‌زیستی واقعی
- جلوگیری از ورود فاضلاب انسانی و صنعتی به رودخانه - دقت در نحوه عملیات خاکبرداری و خاکریزی - جلوگیری از شستشوی ماشین‌آلات در حاشیه رودخانه	کیفیت آب‌های سطحی
- جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب	کمیت آب‌های سطحی
- جلوگیری از قطع درختان تا حد امکان	اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی

ریسک‌های محیط‌زیستی بر اساس رویکرد پسا ارزیابی، شناسایی و ارزیابی شد که نتایج حاصل با یافته‌های تحقیقات وانگ و همکارانش (۲۰۱۲) هم سو می‌باشد، آن‌ها نشان دادند که، ساخت و ساز سد دارای اثرات محیط‌زیستی واقعی بر روی پارامترهای محیط‌زیستی از جمله (آب، حیات آبزیان، گونه‌های جانوری خشک زی، میراث فرهنگی و...) است که از طریق مطالعات پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی مورد شناسایی قرار گرفته است. پژوهش آلدو و همکاران (۲۰۱۵) اثرات اجتماعی با هدف کاهش اثرات منفی

با توجه به اینکه مطالعه‌های پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سد در دنیا موضوع نسبتاً جدیدی است و مطالعاتی در خصوص ارزیابی ریسک محیط‌زیستی با رویکرد پسا ارزیابی سدها، به‌ویژه سدی خاص صورت نگرفته است، این پژوهش با چند نمونه مطالعاتی که از نظر موضوع شباهت بیشتری با این پروژه دارند و در قسمت سرآغاز مقاله ذکر شده‌اند، مقایسه می‌شود. در پژوهش حاضر اثرات محیط‌زیستی واقعی شناسایی شده بر روی پارامترهای محیطی (فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی)،

منطقه، افزایش غلظت املاح در آب رودخانه ایجاد شده است و این وضعیت افت کیفیت آب برای مصارف آبیاری را به دنبال داشته و ساخت‌وساز سد غلظت املاح موجود در آب را تشدید نموده است. مطالعات انجام‌شده بر روی پساب ورودی و خروجی سنگ‌شکن نشان می‌دهد که پساب خروجی سنگ‌شکن از کدورت بسیار بالایی برخوردار است و این امر سبب آلودگی آب رودخانه و از بین رفتن موجودات آبی گردیده است. اثر فعالیت‌های دوره ساخت از قبیل سوخت‌گیری ماشین‌آلات و ریخته شدن مواد نفتی از محل سوخت‌گیری و یا از زیر ماشین‌آلات و احیاناً شستشوی ماشین‌آلات و وسایل در مسیر رودخانه، آلودگی آب به مواد سمی را افزایش داده است. همان‌طور که گفته شد تأثیر بر کیفیت آب سطحی در طی عملیات ساخت غیرقابل‌اجتناب است که در نتیجه باعث ایجاد ریسک آلودگی آب رودخانه بالا رود می‌شود. جلوگیری از ورود فاضلاب انسانی و صنعتی به رودخانه، دقت در نحوه عملیات خاکبرداری و خاکریزی و جلوگیری از شستشوی ماشین‌آلات در حاشیه رودخانه می‌تواند در کاهش این اثر و ریسک مؤثر باشد.

مراجع:

- ۱- جوزی، س.ع؛ حسینی، م. ح؛ خیاطزاده، ع؛ طیب‌شوشتری، م. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل ریسک‌های فیزیکی سد بالارود خوزستان در مرحله ساختمانی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، مجله محیط‌شناسی، سال سی و ششم، شماره ۵۶، صفحه ۲۵-۳۸.
- ۲- سازمان آب و برق خوزستان ۱۳۹۷. نتایج اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی سد بالارود خوزستان.
- ۳- سازمان آب و برق خوزستان ۱۳۸۹. گزارش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سد بالارود خوزستان. ص ۲۲-۱۲.
- ۴- عادل، ا؛ رجب‌زاده، ع. ۱۳۹۶. تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد چند شاخصه (MCDM). چاپ سوم، انتشارات نگاه دانش، ص ۹۰-۸۱.
- ۵- منوری، س. م. ۱۳۸۱. راهنمای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سدها. چاپ اول، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ص ۶۸-۵۴.
- ۶- نجمائی، م. ۱۳۸۵. سدها و محیط‌زیست. نشریه وزارت انرژی و کمیته ملی سدهای بزرگ، شماره ۵۵.
- ۷- نیکبخت، م؛ شاه‌محمدی حیدری، ز. ۱۳۸۹. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مرحله بهره‌برداری سد سردشت در استان

سدسازی همانند پژوهش حاضر بر پایه مطالعات پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی موردبررسی قرار گرفت. در پژوهش حاضر، از میان ریسک‌های محیط‌زیستی سد بالارود، ریسک آلودگی آب رودخانه به‌عنوان مهم‌ترین ریسک شناسایی گردید. نتیجه مذکور با یافته‌های پژوهش جوزی و همکارانش در سال ۱۳۸۹، عوامل ریسک‌های محیط‌زیستی سد بالارود را در مرحله ساختمانی موردبررسی قرار دادند، هم‌جهت بود. هر دو پژوهش ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد بالارود را مورد مطالعه قرار دادند با این تفاوت که پژوهش حاضر ارزیابی ریسک محیط‌زیستی را طی مطالعه پسا ارزیابی موردبررسی قرار داده است. در مطالعه ساده و رضایان (۲۰۱۶)، کنترل و مدیریت ریسک سد پایه انجام شد. طبق نتایج آنان ریسک آسیب به منطقه حفاظت شده سرخ‌آباد، تشدید فرسایش و زلزله به ترتیب بالاترین سطح ریسک را داشتند. از نظر رتبه‌بندی ارزیابی ریسک نتایج این تحقیق نیز هم‌راستا با پژوهش رضایان و ساده بود به‌طوری‌که بالاترین ریسک مربوط به آلودگی رودخانه بالارود بود و کمترین ریسک به کاهش امنیت زیستگاه پستانداران منطقه تعلق گرفت.

نتیجه‌گیری

پس از شناسایی اثرات محیط‌زیستی طی مطالعه پسا ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سد بالارود خوزستان با استفاده از روش SIR اثرات واقعی در مرحله ساخت‌وساز اولویت‌بندی گردید. بر اساس نتایج اثر بر کیفیت آب‌های سطحی، کمیت آب‌های سطحی و اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های طبیعی تحت اثر به ترتیب اولویت اول تا سوم را به خود اختصاص دادند. سپس بر پایه عوامل و اثرات شناسایی‌شده ریسک‌های محیط‌زیستی تعیین شد. اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی‌شده به‌وسیله روش VIKOR انجام شد. مهم‌ترین ریسک سد بالارود در فاز ساختمانی آلودگی آب برای شرایط پایین، متوسط و بالا با استفاده از روش VIKOR انتخاب گردید. در طی فاز ساختمانی تغییرات عمده‌ای در کیفیت آب رودخانه در پایین‌دست محل احداث بندهای انحرافی پیش آمده است. از آنجایی‌که عملیات ساختمانی در طی چند سال طول کشیده است و طی این مدت به علت تغییر مسیر جریان رودخانه و برداشته شدن پوشش طبیعی خاک

- selection, Construction Innovation, Vol.8
Issue: 4, pp.250-268, <https://doi.org/10.1108/14714170810912644>
16. Nikolaisen M., Driscoll P, 2016. An international review of ex-post project evaluation schemes in the transport sector. *J. Environ. Assess. Policy Manage.* 18(01), 1650008.
17. Opricovic, S., Tzeng, G.H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research.* 178 (2), 514-529.
18. Sabzali Yameqani K, Abbasi M, Aghaei M. (2016). Selection and Assessing the Optimal ERP system using ANP-VICOR approach in the Home Appliance Industry. *International Journal Of Humanities and Cultural Studies.* 421(9): 2356-5926.
19. Sadeh N, Rezaian S. 2017. Risk Management and Control of Dams Based on Integrating TOPSIS and RAM-D Techniques (Case Study: Pavah Rood Dam, Iran). *Environmental Energy and Economic Research* 1(4):363-372.
20. Samaras, G.D.; Gkanas, N.I.; Vitsa, K.C., (2014). "Assessing risk in dam projects using AHP and ELECTRE I". *Int. J. Constr. Manage.* 14(4), 255-266. (DOI: 10.1080/ 15623599. 2014. 971942).
21. Tayebzadeh Moqadam N., Malekmohammadi B., Salehi E. 2015. An Integration of Fault Tree Analysis and Environmental Failure Mode and Effect Analysis in Risk Assessment of Wetland Ecosystems: A Case Study of Anzali Wetland, Iran. *International Bulletin of Water Resources & Developmen*, Vol. (II)– No. (05)- S.N. (08). 20th Article– P. XV-XXV.
22. Wang Q.G., Du Y.H., Y. Su K.Q. Chen. (2012). Environmental Impact Post-Assessment of Dam and Reservoir Projects: A Review. *Procedia Environmental Sciences.* 13(8):1439-1443.
- خوزستان. نشریه آب و فاضلاب، دوره ۱۵، شماره ۴، ص ۷۰-۶۷.
8. Aledo, A. & Garia, H. (2015). Jose Pinease A. Using causal maps to support ex-post assessment of social impacts of dams. *Environmental Impact Assessment Review.* 304 (55), 84-97.
9. Anbari F T, Carayannis E G, Voetsch R J. 2008. Post-project reviews as a key project management competence[J]. *Technovation.* 28(10):633-643.
10. Ang Ch, Xin S, Dongsheng W, Wengen L and Jie T. 2014. Brief Review on Post-project Environmental Appraisals of Dam Projects and Recommendations for China. *Advanced Materials Research*, Vols 955-959, pp:3451-3456.
11. Arts, J. Caldwell, P. Morrison-Saunders, A. (2001). Environmental Impact Assessment Follow-up: Good Practice and Future Directions Findings from a workshop at the IAIA 2000 conference. *Impact Assessment and Project Appraisal.* 19 (3). 175-185.
12. Bremer N. 2017. Post-environmental Impact Assessment Monitoring of Measures or Activities with Significant Transboundary Impact: An Assessment of Customary International Law. *Review of European Community & International Law.* 26 (1). 80-90. DOI: 10.1111/reel.12194
13. Brey, J.J., Contreras, I., Carazo, A.F., Brey, R. (2007). Hernandez-Diaz, A.G., Castro, A. Evaluation of automobiles with alternative fuels utilizing multi criteria techniques, *Journal of Power Sources.* 169 (4), 213-219.
14. Chang Sh., Wang W., Jingb WU, Sunc Y., Ronga HU. 2018. Environmental impact assessment follow-up for projects in China: Institution and practice. *Environmental Impact Assessment Review.* 73. 7-19. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.06.005>
15. Marzouk, M., (2008). A superiority and inferiority ranking model for contractor

The Environmental risk assessment of dams applying SIR and VIKOR methods through post- assessment approach of environmental impact (Case study: Balarood dam of Khuzestan)

Sahar Darvishi¹

Seyed Ali Jozi^{2*}

Saeed Malmasi³

Sahar Rezaian⁴

Abstract

vast projects such as dam building hold a wide range of potential risks on their surrounding environments in the process of construction or operation. Thus environmental risk assessment studies on dams is identified to be the most appropriate tool for specifying analyzing and evaluating these risks. This study was conducted to assess the environmental risks of dams by using SIR and VIKOR methods with the approach of post- assessment of environmental impact studies. The construction phase of the Balarood Dam in Khuzestan has been selected as the case study, and After examining the scope of studies and activities during the construction phase, the actual effects on the environment were identified. The evaluation and prioritising of the actual effects has been identified in the while the the implementation of the project took place, using the SIR method, which is a multi-criteria decision-making method. The results show that by applying this method the effects on surface water quality, quantity, the ecosystems and natural habitats with 13.5, 7.198, and 5.757 scores, were identified as the most important environmental effects in post-assessment studies of the Balarood Dam. Based on the identified factors and effects, environmental risks were identified during the construction phase and then assessment and prioritized using the VIKOR method. Based on this method, the risk of water pollution in terms of high, low and moderate terms (0.2, 0.5, 0.8 = (v), respectively, with weights of (0.700, 1.000, 1.300) was identified as the most important risk. The most important proposed corrective action to reduce Environmental impacts and risks are the creation of an industrial wastewater treatment system.

Keyword:

Post Assessment, Environmental Risk Assessment, SIR Model, VIKOR Model, Balarood Dam of Khuzest

1 . Ph.D. Candidate, Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran;

2* . Full Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

3 . Assistant Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran;

4 . Associate Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, Shahrood Branch, Shahrood, Iran