ارزیابی ریسک زیست محیطی سد آزاد با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه

رضا ارجمندی[1]، سعید ملماسی[2]، رویا نزاکتی[3] و زهرا اله داد[4*]

۱ و ۴ـ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مدیریت محیط زیست، تهران، ایران.

۲ و ۳ـ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، گروه مهندسی منابع طبیعی ـ محیط زیست، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۵

چکیده

سد مخزنی آزاد بر روی رودخانه کوماسی در فاصله حدود ۳۷ کیلومتری غرب سنندج و ۳۹ کیلومتری جنوب شرق مریوان در غرب استان کردستان واقع شده است. ارزیابی ریسک در راستای کاهش مخاطرات ناشی از فعالیت های فازساختمانی و بهره برداری از طرح مورد مطالعه با استفاده از یکی از روش‌های زیر مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به نام روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، انجام شده است. به این ترتیب با شناسایی عوامل ریسک و تعیین اهمیت، شدت و احتمال وقوع ریسک با استفاده از روش پرسشنامه‌ای دلفی به تحلیل نتایج در محیط نرم افزارSPSS پرداخته شده است. همچنین با استفاده از روش انتروپی کلیه شاخص‌های در نظر گرفته ریسک زیست محیطی وزن دهی گردیده و با استفاده از مدل TOPSIS که از زیر مجموعه‌های مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد همه ریسک‌های زیست محیطی اولویت‌بندی گردید. از این رو مهمترین ریسک‌های ناشی از فعالیت‌های این سد، خطرآلودگی خاک و تخریب پوشش گیاهی منطقه با امتیاز ۰/۸۹۵، آلودگی آب رودخانه کوماسی با امتیاز ۰/۶۶۷،کاهش شدید مواد آلی و بار مغذی در جریان رودخانه کوماسی در پایین دست سد با امتیاز ۰/۵۹۷ می‌باشند. به این ترتیب، در نهایت برنامه مدیریت زیست محیطی جهت کاهش یا پیشگیری از ایجاد ریسک‌های بدست آمده ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی

ارزیابی ریسک زیست محیطی، روش تصمیم‌گیری چند معیاره، مدل TOPSIS، روش انتروپی، روش دلفی، سد آزاد

مقدمه

ارزیابی ریسک روشی جهت برآورد یا تخمین کمی ریسک زیست محیطی می‌باشد. کمی بودن ارزیابی ریسک، عینیت و شفافی آشکاری را در ارزیابی اثرات فراهم می‌کند. (جی بارو، ۱۳۸۰). در مقابل، تحلیل ریسک در سطح وسیع تری به کار گرفته می‌شود. ارزشیابی کمی و کیفی تمام نسبت‌های مربوط به ریسک‌ها و مخاطرات زیست محیطی، اثرات زیانبار،

* نگارنده پاسخگو: zallahdad2000@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

وقایع و شرایطی که منجر به وقوع یا بهبود این اثرات می‌شوند و جوامع و محیطی که تحت نفوذ و تاثیر اثرات زیانبار قرار دارند، در بخش تحلیل ریسک مطالعه می‌شوند. در فرآیند مطالعات ارزیابی ریسک، ابتدا مخاطرات احتمالی طرح شناسایی می‌گردند و سپس احتمال و تواتر وقوع آنها برآورد و محاسبه می‌شوند. نتایج ارزیابی ریسک در اولویت بندی مخاطرات و به تبع آن اقدامات کنترلی کارآمد خواهد بود. در زمینه‌ی ارزیابی ریسک زیست محیطی کتاب‌ها و مقاله‌های زیادی به چاپ رسیده است. در کشور ما نیز در سال‌های اخیر چندین مطالعه در این زمینه ارائه گردیده است.

در سال ۲۰۰۴ مقاله‌ای که از انستیتو مدیریت ریسک، بحران و حادثه دانشگاه جرج واشنگتن منتشر شده است. در این مقاله در ابتدا به توضیح روش‌هایی بر پایه ریسک ایمنی سد و اهداف و قوانین مربوط به آن‌ها اشاره کرده سپس به خلاصه‌ای از متدولوژی‌های ارزیابی ریسک سدها که در سطح جهانی و آمریکا رایج هستند اشاره می‌کند و با استفاده از جداول مختلف به مقایسه این روش‌ها می‌پردازد. در قسمت بعد به معرفی تکنیک‌های تصمیم‌گیری اشاره می‌کند و با بیان مطالعات موردی به شرح بیش‌تر موضوع می‌پردازد و در آخر به صورت ضمیمه به روش‌های ارزیابی ریسک اشاره می‌کند (John,2004). مطالعاتی که توسط پروفسور حسن توسن در گروه مهندسی عمران دانشگاه Osmangazi ترکیه، در سال ۲۰۰۸ انجام شده است، یکی از منابع جامع موجود در زمینه طبقه‌بندی و اولویت بندی شاخص‌های ریسک زیست محیطی سدها می‌باشد. در این مطالعات تمامی ریسک‌های سد و ساختارهای وابسته به آن در سطح یک حوضه آبریز به صورت سیستماتیک و از طریق بررسی عوامل مختلف خطر، تجزیه و تحلیل شده است (Tosun,2008). جهت آنالیز عوامل ریسک سدها در طرح‌های تولید برق از مدل (ANP) استفاده می‌شود. نتایج حاصل از این مدل با مدل (AHP) مقایسه شد و در نهایت نتایج مدل (ANP) رضایتبخش اعلام گردید(Shengping,2010). همچنین از جمله مطالعات انجام شده در ایران می‌توان به ارزیابی خطرپذیری سد شفارود با رویکرد مدیریت ریسک و حفظ محیط زیست توسط جعفر مهدوی نیا و همکاران (۱۳۸۶)، اشاره نمود. در این مقاله با توجه به گسل‌های فعال در منطقه و قرار گرفتن محور سد شفارود در محدوده بین این گسل‌ها با بررسی ساختگاه سدو مطالعه سوابق سوانح طبیعی منطقه و ارزیابی خسارات احتمالی، طرح‌های مدیریت بحران، کنترل هوشمند و سیستم هشدار مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با ارائه آنالیز اقتصادی ـ زیست محیطی راهکارهای لازم جهت بهینه سازی مدیریت بحران در منطقه پیشنهاد گردید (مهدوی نیا و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین ثابت رودسری (۱۳۸۷)، جهت اولویت‌بندی ریسک‌های زیست محیطی سد شفارود بر اساس اهمیت آنها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده نمود (ثابت رودسری، ۱۳۸۷). از این رو با توجه به پیشینه موجود در مطالعه حاضر از این روش، جهت بررسی ریسک‌های ناشی از فعالیت‌های ساختمانی و بهره‌برداری از سد آزاد بر روی رودخانه کوماسی احداث گردیده استفاده شد. ساختگاه این سد با مختصات جغرافیایی" ۵۷، ۳۲، °۴۶ طول شرقی و ً۵۹، َ۱۹، °۳۵ عرض شمالی در ارتفاع ۱۳۶۲/۵ متری از سطح دریا قرار گرفته است (مهندسین مشاور پنگان آوران، ۱۳۸۵). این سد قادر به تنظیم سالانه حدود ۳۲۸/۷ میلیون مترمکعب آب جهت انتقال به حوضه کرخه و همچنین تامین حقابه‌های کشاورزی و زیست محیطی پایین دست سد خواهد بود. از دیدگاه محیط زیست فیزیکی، رودخانه کوماسی یک رود دائمی با ۶۹ کیلومتر طول (بلندترین سرشاخه) تا محل احداث سد می‌باشد. آبدهی متوسط سالانه این رودخانه حدود ۱۱/۹۱ مترمکعب بر ثانیه برآورد شده است (مهندسین مشاور پنگان آوران، ۱۳۸۵). بارندگی سالانه حوزه بیش از ۶۰۰ میلی متر و بیشتر متعلق به فصل زمستان است. پوشش گیاهی مرتعی با غالبیت گونه گون(*Astragalus sp.*) و پوشش گیاهی جنگلی با گونه‌های غالب بنه (*Pistacia mutica*)، بلوط (*Quercu brantii*) و بادام کوهی (*Amygdalus spp.*) و حیات وحش آن شامل پستانداران با اهمیت همچون قوچ و میش ارمنی (*Ovis orientalis gmelini*) و سنجاب ایرانی(*Sciurus anomalus*)، گونه‌هایی از خزندگان مانند جکوی ایرانی (*Hemidactylus persicus*)، گونه‌هایی از پرندگان همچون دارکوب سر سرخ (*Picoides medius*) و جی جاق (*Garrulus glandarius*)

Archive of SID

www.SID.ir

و... و گونه‌هایی از کپورماهیان(Cyprinidae)، مارماهیان (Mastacembelidae) و سگ ماهیان(Balitoridae) اجزای اصلی تشکیل دهنده محیط زیست بیولوژیک منطقه مطالعاتی می‌باشند. از دیدگاه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی محیط زیست شامل ۴ روستای واقع شده در محدوده مخزن و محور سد و در فاصله نزدیک از ساختگاه سد می‌باشد. منطقه مورد مطالعه مهاجر فرست بوده و فعالیت‌های اقتصادی آن به طور عمده شامل باغداری،کشاورزی و دامداری است (مهندسین مشاور پنگان آوران، ۱۳۸۵). شایان ذکر است که هدف این مطالعه، شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های احتمالی سد آزاد و ارائه راهکارهایی جهت تقلیل، کنترل و انتقال مخاطرات زیست محیطی قابل پیش‌بینی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

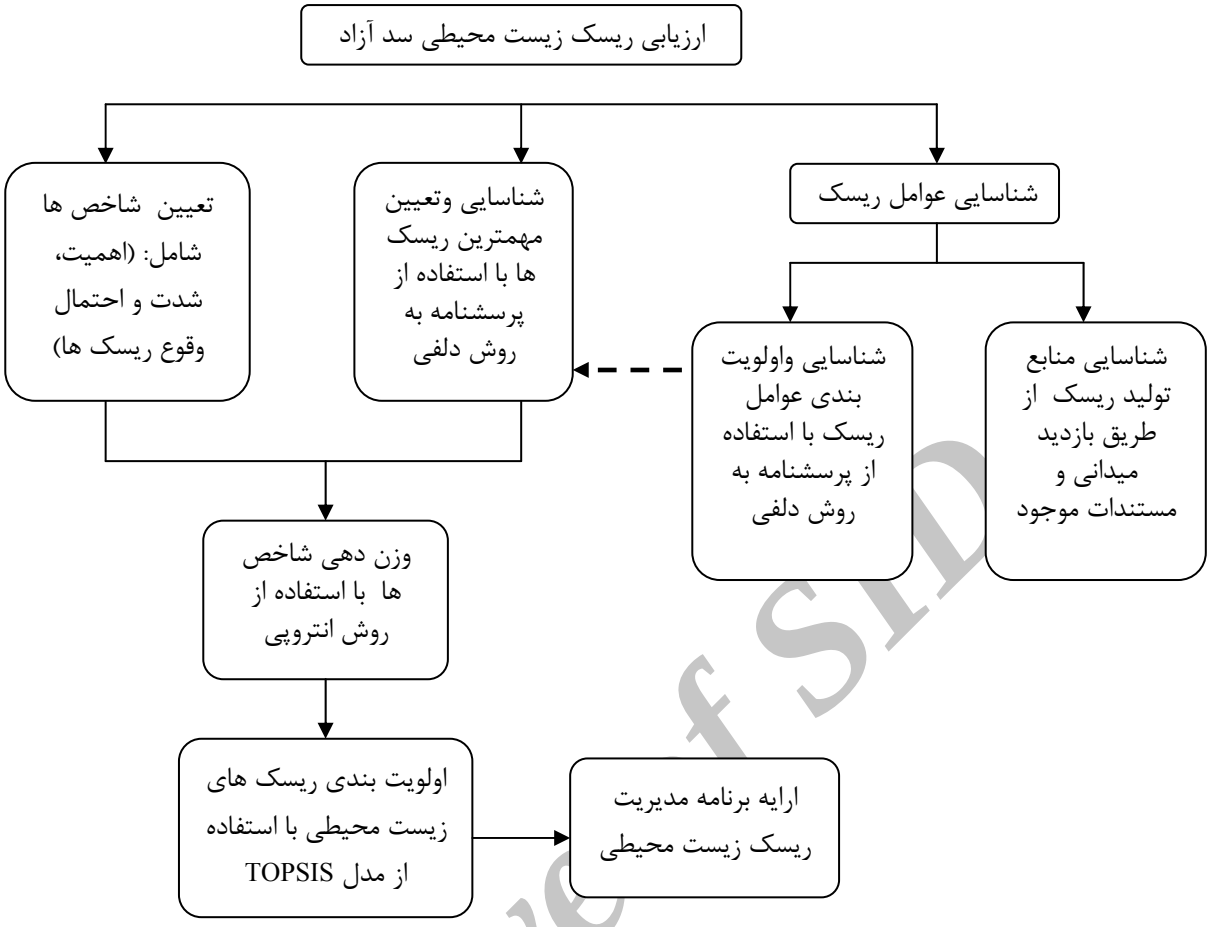
به طور کلی فرآیند ارزیابی ریسک زیست محیطی سد آزاد به ترتیب نشان داده شده در شکل ۱ و به شرح زیر انجام شد.

۱) شناسایی عوامل ریسک

در این مطالعه جهت شناسایی عوامل ریسک، نخست ریسک‌های احتمالی در پروژهای مشابه سد سازی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با بررسی منطقه مطالعاتی که در شکل ۲ نقشه آن نشان داده شده، عوامل تولید ریسک شناسایی گردید. در این راستا جهت اولویت‌بندی عواملی که می‌تواند بطور بالقوه تولید ریسک نماید، از پرسشنامه به روش دلفی استفاده گردید. مطابق این روش، از نظر ۱۵ نفر از نخبگان آشنا با این طرح و محیط زیست جهت تکمیل پرسشنامه ها استفاده شد (Windle,2004). لازم به ذکر است که گروه نخبگان شامل افرادی با سابقه کار بالای ده سال در زمینه محیط زیست و سدسازی و سطح تحصیلات کارشناسی ارشد و دکترا در رشته‌های مدیریت محیط زیست، آلودگی محیط زیست و سد سازی انتخاب گردید. معیار امتیاز دهی این پرسشنامه از ۱ تا ۵ بوده، که عدد ۱ نشانه اهمیت بسیار کم و عدد ۵ نشانه اهمیت بسیار زیاد آن و بر اساس شاخص« لیکرت» تعیین شد. در واقع اعداد در نظر گرفته شده درجه اهمیت عوامل ریسک را در ایجاد ریسک بیان می‌کنند. به این ترتیب گروه نخبگان علاوه بر امتیاز دهی به ۲۲ گزینه که شامل عوامل ریسک فنی و زیست محیطی شناسایی شده می‌باشند، در صورت مخالفت یا موافقت با گزینه مربوطه به حذف یا اضافه کردن عوامل ریسک پرداخته و پیشنهاد خود را اظهار نمودند. در نتیجه با جمع آوری پرشسنامه‌ها و تحلیل نتایج آن در محیط نرم افزار SPSS میانگین هندسی هر یک از گزینه‌ها به دست آمد و گزینه‌هایی که متوسط امتیاز آنها از عدد ۳ بیشتر بود به عنوان گزینه‌های نهایی انتخاب شدند. از این رو از بین ۲۲ گزینه، ۱۶ گزینه انتخاب گردید که ۱۲ ریسک زیست محیطی را مشخص نمود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ـ نمودار فرآیند ارزیابی ریسک زیست محیطی سد آزاد

۲) تعیین شدت، احتمال وقوع و اهمیت ریسک‌های زیست محیطی مشخص شده

در این مرحله پس از تعیین عوامل ریسک و شناسایی ریسک‌هایی که بر اثر این عوامل تولید می‌شوند با استفاده از پرسشنامه دیگری که حاوی ۱۲ ریسک شناسایی شده بود، با روش دلفی و توسط ۱۵ نفر از نخبگان میزان شدت، احتمال وقوع و اهمیت هر یک از ریسک‌ها امتیاز دهی و تعیین گردید. لازم به ذکر است که در این پرسشنامه معیار امتیازدهی به سه شاخص شدت، احتمال وقوع و اهمیت ریسک به شرح زیر می‌باشد:

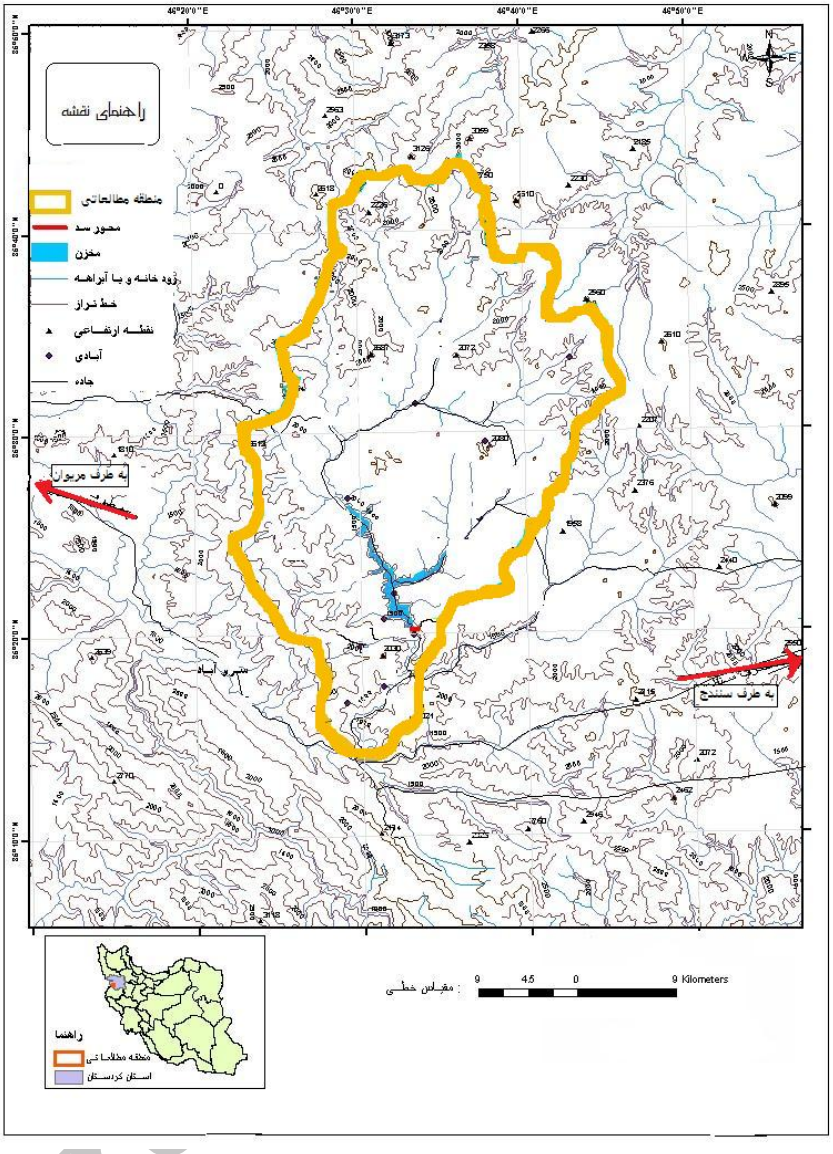
الف ـ شدت ریسک که میزان و بزرگی ریسک را مد نظر دارد، بر اساس مقیاس روش FMEA از ۱ تا ۱۰ تعیین شده است. عدد ۱ نشانگر شدت ناچیز و عدد ۱۰ نشانگر بیشترین شدت ریسک می‌باشد (Teoh , 2004).

ب ـ احتمال وقوع ریسک که نشان دهنده امکان بوقوع پیوستن یک خطر در یک دوره زمانی معین است، بر اساس منابع مقیاس روش آنالیز مقدماتی خطر از ۱ تا ۵ درجه بندی شده که عدد ۱ نشانگر کمترین احتمال وقوع و عدد ۵ نشانگر بیشترین احتمال وقوع ریسک می‌باشد (MIL-STD-882D ,2011).

ج ـ اهمیت ریسک که نشان دهنده حساسیت محیط پذیرنده و قابل توجه بودن ریسک می‌باشد بر اساس روش لئوپولد از ۱ تا ۱۰ درجه بندی شده که عدد ۱ کمترین اهمیت و عدد ۱۰ نشاندهنده بیشترین اهمیت می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲ـ نقشه موقعیت منطقه مطالعاتی سد آزاد، کردستان

در نهایت کلیه پرسشنامه‌ها در محیط نرم افزار SPSS مورد تحلیل قرار گرفته و میانگین هندسی هر یک از این ۳ شاخص برای هر یک از ریسک‌ها به دست آمد. به این ترتیب نتایج حاصل در جدول ۱ که شامل ۱۲ ریسک تعیین شده به همراه نتیجه نهایی شاخص‌ها می‌باشد، ارائه شده است. شایان ذکر است که کلیه ریسک‌های موجود به عنوان گزینه‌ها و با علامت A_1 تا A_{12} در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

جدول ۱ـ نتایج نهایی تحلیل پرسشنامه جهت تعیین شدت، احتمال وقوع و اهمیت ریسک‌های زیست محیطی طرح

گزینه‌ها		شاخص‌ها		
		اهمیت	شدت	احتمال
احتمال گریز و راهیابی خزندگان به ویژه مارهای موجود از قبیل مار قیطانی(*Coluber rhodorachis*)، افعی سوسن (*Telescopus tessellatus*)،گرزه مار (*Vipera lebetina*) و مارهای سمی از محدوده مخزن و افزایش تراکم آنها در اطراف مناطق مسکونی در اثر حفاری و گودبرداری مخزن سد	A_1	۹/۲۸	۹/۱۸	۱/۸۴
کاهش شدید مواد آلی و بار مغذی در جریان رودخانه کوماسی در پایین دست سد	A_2	۶/۸۴	۳/۶۳	۳/۴۵
از بین رفتن امنیت زیستگاه پرندگان شکاری نظیر شاهین (*Falco peregrinus*)، عقاب طلایی (*Aquilla chrysaetos*) و حتی کبک(*Alectoris chukar*) در دامنه‌ها و ارتفاعات منطقه	A_3	۴/۷۰	۷/۲۲	۲/۹۹
قطع ارتباط زیستگاهی	A_4	۷/۵۴	۷/۲۳	۲/۲۶
کاهش امنیت زیستگاه جانوران به ویژه پستانداران با ارزش نظیر قوچ و میش ارمنی (*Ovis orientalis gmelini*) در زیستگاه‌های غرب و جنوب غرب محدوده مطالعاتی	A_5	۷/۳۵	۵/۴۹	۳/۷۱
آسیب رسیدن به روستاهای پایین دست سد شامل روستای دریله با حدود ۳/۵ کیلومتر فاصله از محور سد، روستای نگل در فاصله تقریبی ۱۰ کیلومتری پایین دست سد و روستای لنگریز در فاصله حداقل ۱۵ کیلومتری پایین دست محور سد در صورت شکست سد	A_6	۴/۴۷	۶/۶۱	۳/۸۲
شکست سد	A_7	۷/۵۱	۳/۷۳	۳/۸۷
آلودگی آب رودخانه کوماسی	A_8	۶/۵۹	۳/۵۹	۲/۸۵
کاهش کیفیت زیستگاه آبی و از بین رفتن لارو گونه‌هایی از خانواده‌های کپورماهیان (Cyprinidae)، اسبله ماهیان (Siluridae)، گامبوزیا ماهیان (Cyprodontidae) و سگ ماهیان جویباری (Balitoridae) و مارماهی خاردار آب شیرین (Mastacembelidae) در رودخانه کوماسی	A_9	۳/۶۹	۳/۶۲	۳/۹۵
تهدید شرایط زیستگاهی پرندگان آبزی و کنار آبزی نظیر دم جنبانک خاکستری (*Motacilla cinerea*)، دم جنبانک زرد (*Motacilla flava*)، حواصیل خاکستری (*Ardea cinerea*)، اگرت کوچک (*Egretta garzetta*) و زیرآبروک (*Cinclus cinclus*)	A_{10}	۶/۲۰	۷/۳۰	۳/۲۸
آلودگی خاک و تخریب پوشش گیاهی منطقه	A_{11}	۵/۰۷	۲/۹۵	۱/۵۶
افزایش گیاهان آبزی مهاجم غوطه‌ور در آب (*Submerged*) بویژه نی (*Phragmatis australis*) در پایین دست سد	A_{12}	۹/۳۸	۹/۴۵	۱/۱۵

۳) اولویت‌بندی ریسک‌ها

به منظور اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده ابتدا با استفاده از روش انتروپی، وزن دهی عوامل ریسک سد آزاد انجام شده و سپس با استفاده از مدل TOPSIS اولویت‌بندی صورت گرفته است. علاوه بر گزینه‌ها همانطور که از نام تصمیم‌گیری چند شاخصه بر می‌آید، چندین شاخص وجود دارد که تصمیم گیرنده باید آنها را با دقت در مسائل خود مشخص کند. این شاخص‌ها در ارتباط با هریک از گزینه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. تصمیم‌گیری چند شاخصه با ماتریس تصمیم‌گیری سرو کار دارد (مومنی، ۱۳۸۷). لازم به ذکر است که ماتریس تصمیم‌گیری مربوطه در این طرح نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها بوده و در واقع همان جدول (۱) می‌باشد.

جهت تعیین اولویت ریسک‌های شناسایی شده و اینکه کدام ریسک از نظر شدت، اهمیت و احتمال وقوع نسبت به سایر ریسک‌ها ارجحیت دارد از مدلTOPSIS (Technique for order-preference by similarity to ideal solution) که یکی از بهترین مدل‌های تصمیم گیری چند شاخصه (Multi Attribute Decision Making) می‌باشد، استفاده

Archive of SID

www.SID.ir

گردید. اساس این مدل بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد (اصغرپور، ۱۳۸۵). این مدل طی ۶ گام و روابط زیر انجام شده است:

گام ۱- بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم گیری(N). رابطه (۱):

$$nij = \frac{aij}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} aij^2}}$$

گام ۲ـ بدست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون (V). رابطه (۲):

در این رابطه از روش انتروپی برای بدست آوردن اوزان شاخص‌ها استفاده شده است که کلیه مراحل آن شامل روابط ۳ تا ۶ می‌باشد. ماتریس بی مقیاس شده(N)را در ماتریس قطری وزن‌ها (Wn*n) ضرب می‌کنیم.

$$V = N \times W_{n\times n}$$

Wn*n: ماتریس قطری وزن‌ها که از روش آنتروپی به دست آمده است.

روش انتروپی شامل مراحلی به شرح روابط زیر می‌باشد، البته با توجه به گام‌های روش انتروپی کلیه اوزان شاخص‌ها طی مراحل آن محاسبه شده است.

مرحله ۱ـ محاسبه Pij. رابطه (۳):

$$Pij = \frac{aij}{\sum_{i=1}^{m} aij} \quad \text{و} \quad \forall j$$

مرحله۲ـ محاسبه مقدار انتروپی Ej. رابطه (۴):

$$Ej = -k \sum_{i=1}^{m} \left[Pij \ \ln \ Pij \right] \text{و} \forall j$$

مرحله ۳ـ محاسبه مقدار عدم اطمینان.dj رابطه (۵):

$$\forall j \text{ و } dij = ۱ - Ej$$

مرحله ۴ـ محاسبه اوزان Wj: اوزان بدست آمده از روش انتروپی می‌باشد. رابطه (۶):

$$\forall j \quad \text{و} Wj = \frac{dj}{\sum_{j=1}^{n} dj}$$

گام ۳ـ تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی. رابطه (۷):

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V]= راه حل ایده آل مثبت ($V j^+$)

[بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V]= راه حل ایده آل منفی ($V j^-$)

در انتخاب ایده آل ها در این طرح، هر ۳ شاخص اهمیت، شدت واحتمال وقوع ریسک، جنبه منفی دارند لذا بر اساس این مدل، بهترین مقادیر برای شاخص منفی کوچکترین عدد ماتریس و بدترین مقادیر برای شاخص منفی بزرگترین عدد ماتریس است.

گام ۴ـ بدست آوردن فاصله هر گزینه تا ایده آل‌های مثبت و منفی. رابطه (۸):

$$di^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(Vij - Vj^+\right)^2} \qquad i = 1,2,..., m$$

$$di^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(Vij - Vj^-\right)^2} \quad i = 1,2,..., \quad m$$

Archive of SID

www.SID.ir

گام ۵ـ تعیین نزدیکی نسبی (CL) یک گزینه به راه حل ایده آل. رابطه (۹):

$$CL^* = \frac{di^-}{di^- + di^+}$$

گام ۶ـ رتبه بندی گزینه‌ها: هر گزینه ای که CL آن بزرگتر باشد، ارجحیت دارد و بهتر است.

نتایج

عوامل ریسک زیست محیطی شناسایی شده شامل موارد ذیل می‌باشد:

ـ لرزه خیزی و ژئوتکتونیک محل احداث پروژه به دلیل اینکه در منطقه ای واقع شده است که از نظر تقسیمات عمومی زمین ساختی در واحد زاگرس چین خورده می‌باشد، از نظر لرزه‌خیزی واحدی فعال محسوب می‌گردد.

ـ ورود پساب صنعتی (بچینگ و سنگ شکن) به رودخانه کوماسی.

ـ عدم زیر سازی مناسب مخازن سوخت و ریزش و نشت مواد روغنی ناشی از تعمیر ماشین آلات سبک و سنگین. تخلیه نادرست ضایعات جامد صنعتی شامل فیلترهای روغن، لاستیک و ضایعات فلزی.

ـ دپو و انباشت باطله‌ها و نخاله‌های ساختمانی ناشی از برداشت منابع قرضه

ـ ورود فاضلاب بهداشتی پرسنل طرح به رودخانه کوماسی.

ـ خاکبرداری در وسعت تقریبی ۱۴ هکتار، خاکریزی جهت احداث مخزن سد و حذف پوشش گیاهی برای برداشت منابع قرضه.

ـ سیلاب به طوری که تراکم جمعیت در پایین دست سد بویژه در مواقع سیلابی می‌تواند بیشترین تاثیر را از مخاطرات احتمالی سد دریافت کنند.

ـ آبگیری مخزن سد آزاد با رقوم نرمال ۱۴۷۵ متر از سطح دریا که بخش مسکونی چهار روستای بنیدر، خانقاه جوجو، باقل آباد و زونج را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

ـ فعالیت‌های انحراف آب.

ـ فعالیت حفاری و آتشباری.

ـ شکست سد.

عوامل مذکور ریسک‌های شناسایی شده در ذیل را سبب می‌گردند. ریسک‌های شناسایی شده در منطقه مطالعاتی سد آزاد براساس نتایج حاصل از پرسشنامه بر پایه عوامل شناسایی شده در منطقه مشتمل بر شکست سد آزاد، تخریب محدوده مخزن و ساختگاه آن در اثر وقوع زلزله های طبیعی یا سیلاب، وارد آمدن خسارت به جوامع انسانی و مناطق مسکونی مستقر در محدوده مطالعاتی، از بین رفتن و کاهش تنوع لارو بهاره ها (Stoneflies) از راسته (Plecoptera)، زودمیران (Mayflies) از راسته (Ephemeroptera) و لارو موی بالان (Caddisflies) از راسته (Tricoptera)،آلودگی و کاهش کیفیت آب و خاک،کاهش کیفیت آب و ایجاد آلودگی آب رودخانه کوماسی، کاهش کیفیت زیستگاه آبی و از بین رفتن لارو گونه‌های ماهی از خانواده کپورماهیان(Cyprinidae)، مارماهیان خاردار(Mastacembelidae)و سگ ماهیان(Balitoridae) و گونه های دیگر موجود در نتیجه کاهش تنوع زیستی در رودخانه کوماسی، افزایش گیاهان آبزی مهاجم غوطه ور در آب (Submerged) بویژه نی (*Phragmatis australis*) در پایین دست سد، قطع ارتباط زیستگاهی آبزیان،کاهش جمعیت و کیفیت زیستگاه ماهیان موجود و لارو آنها از خانواده‌های کپورماهیان (Cyprinidae)، اسبله ماهیان (Siluridae)، گامبوزیا ماهیان (Cyprodontidae) و سگ ماهیان جویباری (Balitoridae) و مارماهی خاردار آب شیرین (Mastacembelidae) در رودخانه کوماسی، آلودگی خاک و تخریب پوشش گیاهی منطقه طرح، از بین رفتن

Archive of SID

www.SID.ir

امنیت زیستگاه جانوران به ویژه پستانداران با ارزشی نظیر قوچ و میش(*Ovis orientalis*) در زیستگاه‌های غرب و جنوب غرب محدوده مطالعاتی،ایجاد ترس و تغییر رفتار طبیعی پرندگان شکاری نظیر شاهین (*Falco peregrinus*)، عقاب طلایی (*Aquilla chrysaetos*) و حتی کبک(*Alectoris chukar*) در دامنه‌ها و ارتفاعات منطقه،کاهش مواد آلی و بار مغذی در جریان رودخانه کوماسی در پایین دست سد، تهدید شرایط زیستگاهی پرندگان آبزی و کنار آبزی نظیر دم جنبانک خاکستری (*Motacilla cinerea*)، دم جنبانک زرد(*Motacilla flava*)، حواصیل خاکستری (*Ardea cinerea*)، اگرت کوچک (*Egretta garzetta*) و زیرآبروک (*Cinclus cinclus*)، احتمال گریز و راهیابی خزندگان بویژه مارهای موجود از قبیل قبیل مار پلنگی(*Coluber ravergieri*)، مار قیطانی(*Coluber rhodorachis*)، افعی سوسن (*Telescopus tessellatus*)، گرزه مار(*Vipera lebetina*) و مارهای سمی از محدوده مخزن و افزایش تراکم آنها در اطراف مناطق مسکونی، آسیب رسیدن به روستاهای پایین دست سد می‌باشد. با توجه به ریسک‌های مشخص شده در مرحله بعدی ارزیابی ریسک زیست محیطی طبق مدل TOPSISصورت گرفت. در همه ماتریس‌های به دست آمده، احتمال، شدت و اهمیت ریسک‌ها به ترتیب با علامت X_1 ,X_2و X_3 مشخص شده اند. کلیه نتایج محاسبات موجود در گام‌ها و روابط مذکور، بر پایه ماتریس تصمیم‌گیری انجام گرفته است. از این رو نتایج حاصل از این روابط به شرح زیر بدست آمده است:

جدول ۲ـ نتیجه بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری(N) بر اساس رابطه (۱)

گزینه‌ها	شاخص‌ها		
	X1	X2	X3
A1	۰/۱۷۵	۰/۴۲۵	۰/۳۹۵
A2	۰/۳۲۸	۰/۱۶۸	۰/۲۹۱
A3	۰/۲۸۴	۰/۳۳۴	۰/۲۰۰
A4	۰/۲۱۵	۰/۳۳۵	۰/۳۲۱
A5	۰/۳۵۲	۰/۲۵۴	۰/۳۱۳
A6	۰/۳۶۳	۰/۳۰۶	۰/۱۹۰
A7	۰/۳۶۷	۰/۱۷۳	۰/۳۱۹
A8	۰/۲۷۱	۰/۱۶۶	۰/۲۸۱
A9	۰/۳۷۵	۰/۱۶۸	۰/۱۵۷
A10	۰/۳۱۱	۰/۳۳۸	۰/۲۶۴
A11	۰/۱۴۸	۰/۱۳۷	۰/۲۱۶
A12	۰/۱۰۹	۰/۴۳۷	۰/۴۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ـ نتیجه بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری(N) بر اساس رابطه (۱)

گزینه‌ها	شاخص‌ها		
	X1	X2	X3
A1	۰/۱۷۵	۰/۴۲۵	۰/۳۹۵
A2	۰/۳۲۸	۰/۱۶۸	۰/۲۹۱
A3	۰/۲۸۴	۰/۳۳۴	۰/۲۰۰
A4	۰/۲۱۵	۰/۳۳۵	۰/۳۲۱
A5	۰/۳۵۲	۰/۲۵۴	۰/۳۱۳
A6	۰/۳۶۳	۰/۳۰۶	۰/۱۹۰
A7	۰/۳۶۷	۰/۱۷۳	۰/۳۱۹
A8	۰/۲۷۱	۰/۱۶۶	۰/۲۸۱
A9	۰/۳۷۵	۰/۱۶۸	۰/۱۵۷
A10	۰/۳۱۱	۰/۳۳۸	۰/۲۶۴
A11	۰/۱۴۸	۰/۱۳۷	۰/۲۱۶
A12	۰/۱۰۹	۰/۴۳۷	۰/۴۰۰

جدول ۳ـ نتیجه ماتریس بی مقیاس موزون (V) بر اساس رابطه (۲)

گزینه‌ها	شاخص‌ها		
	X1	X2	X3
A1	۰/۰۵۳	۰/۱۳۱	۰/۱۱۸
A2	۰/۰۹۹	۰/۰۵۲	۰/۰۸۷
A3	۰/۰۸۶	۰/۱۰۳	۰/۰۶۰
A4	۰/۰۶۵	۰/۱۰۳	۰/۰۹۶
A5	۰/۱۰۷	۰/۰۷۸	۰/۰۹۳
A6	۰/۱۱۰	۰/۰۹۴	۰/۰۵۷
A7	۰/۱۱۱	۰/۰۵۳	۰/۰۹۵
A8	۰/۰۸۲	۰/۰۵۱	۰/۰۸۴
A9	۰/۱۱۴	۰/۰۵۲	۰/۰۴۷
A10	۰/۰۹۴	۰/۱۰۴	۰/۰۷۹
A11	۰/۰۴۵	۰/۰۴۲	۰/۰۶۵
A12	۰/۰۳۳	۰/۱۳۵	۰/۱۱۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴ـ نتیجه فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی بر اساس رابطه (۳)

d1+	۰/۱۳۸	d1-	۰/۰۶۹
d2+	۰/۰۸۲	d2-	۰/۱۲۱
d3+	۰/۱۰۶	d3-	۰/۰۷۰
d4+	۰/۱۰۱	d4-	۰/۰۷۳
d5+	۰/۱۰۴	d5-	۰/۰۸۳
d6+	۰/۱۱۵	d6-	۰/۰۷۳
d7+	۰/۰۹۷	d7-	۰/۱۱۷
d8+	۰/۰۶۳	d8-	۰/۱۲۷
d9+	۰/۰۹۳	d9-	۰/۱۲۹
d10+	۰/۱۱۵	d10-	۰/۰۵۷
d11+	۰/۰۱۹	d11-	۰/۱۵۸
d12+	۰/۱۴۲	d12-	۰/۰۹۲

رابطه (۴):

E1=۰/۹۹۷ E2=۰/۹۷۱ E3=۰ /۹۸۶

رابطه (۵):

d1= ۰/۰۲۳ d2=۰/۰۲۹ d3=۰/۰۱۴

رابطه (۶):

W1= ۰ / ۳۴۵ W2=۰/۴۳۸ W3= ۰ /۲۱۷

رابطه (۷):

[۰/۰۳۴، ۰/۰۶۰، ۰/۰۳۸] = راه حل ایده آل مثبت

[۰/۱۳۰، ۰/۱۹۱، ۰/۰۸۷] = راه حل ایده آل منفی

جدول ۵ـ نتیجه تعیین نزدیکی نسبی (CL) یک گزینه به راه حل ایده‌آل بر اساس رابطه (۸)

نزدیکی نسبی (CL) هر گزینه به راه حل ایده آل			
CL1	۰/۳۳۴	CL7	۰/۵۴۷
CL2	۰/۵۹۷	CL8	۰/۶۶۷
CL3	۰/۳۹۸	CL9	۰/۵۸۲
CL4	۰/۴۲۲	CL10	۰/۳۳۲
CL5	۰/۴۴۴	CL11	۰/۸۹۵
CL6	۰/۳۹۰	CL12	۰/۳۹۳

رابطه (۹):

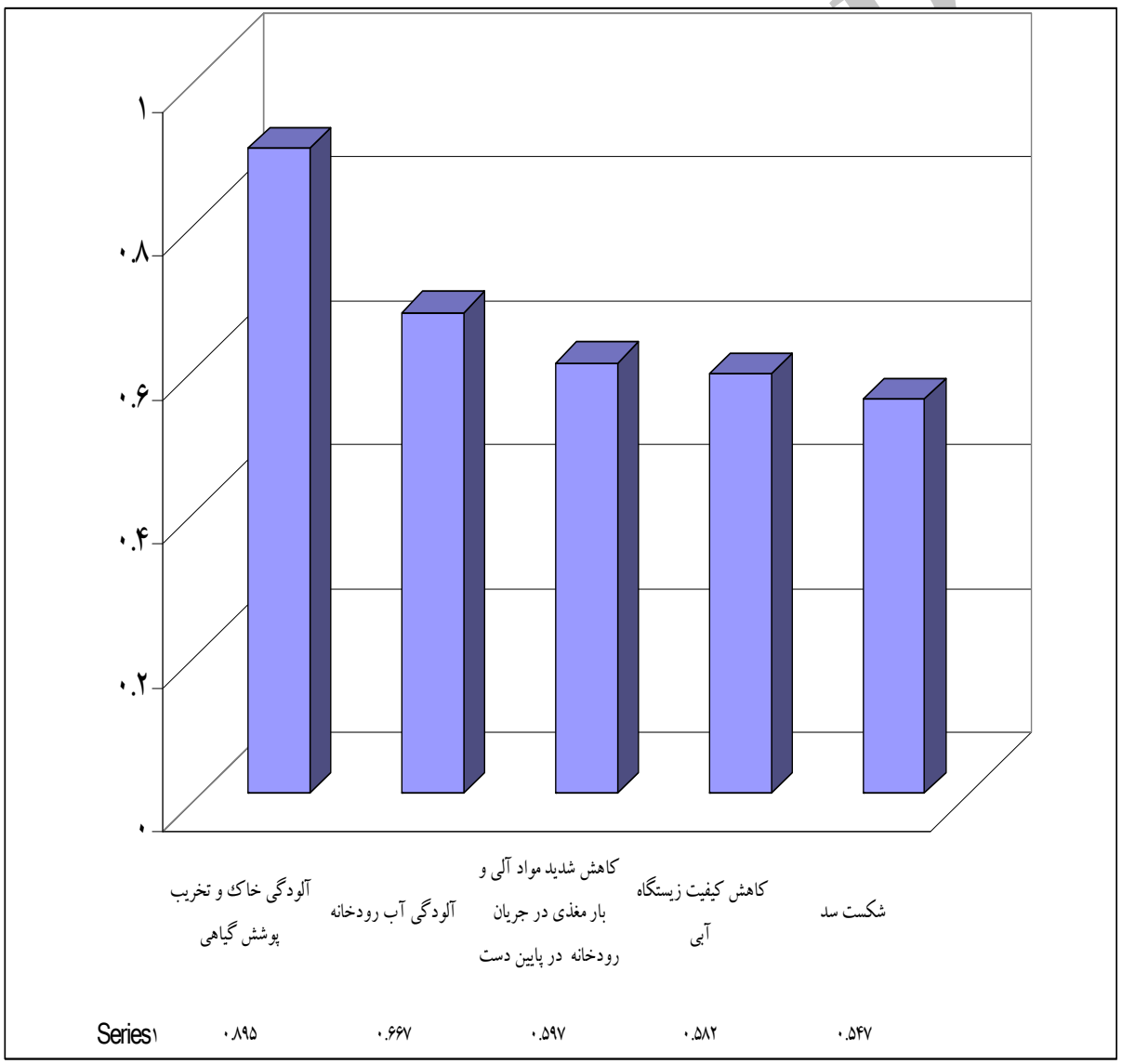
با توجه به نتیجه نهایی مدل TOPSIS، اولویت بندی ریسک ها به ترتیب زیر به دست آمده است.

A11>A8>A2>A9>A7>A5>A4>A3>A12>A6>A1>A10

Archive of SID

www.SID.ir

اولویت‌بندی صورت گرفته بیانگر مهم ترین ریسک‌های زیست محیطی سد آزاد در دو دوره زمانی فاز ساختمانی و فاز بهره‌برداری از نظر شاخص‌های احتمال وقوع، شدت و اهمیت ریسک می‌باشد. به این ترتیب ریسک‌های زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های این طرح به ترتیب اولویت شامل آلودگی خاک و تخریب پوشش گیاهی منطقه با امتیاز ۰/۸۹۵، آلودگی آب رودخانه کوماسی با امتیاز ۰/۶۶۷، کاهش شدید مواد آلی و بار مغذی در جریان رودخانه کوماسی در پایین دست سد با امتیاز ۰/۵۹۷، کاهش کیفیت زیستگاه آبی و از بین رفتن لارو برخی از گونه‌ها از خانواده‌های کپورماهیان (Cyprinidae)، اسبله ماهیان (Siluridae)، گامبوزیا ماهیان (Cyprodontidae) و سگ ماهیان جویباری (Balitoridae) و مارماهی خاردار آب شیرین (Mastacembelidae) در رودخانه کوماسی با امتیاز ۰/۵۸۲ و شکست سد با امتیاز ۰/۵۴۷ مهمترین ریسک‌های تعیین شده ناشی از این طرح می‌باشند. در شکل (۲) نمودار مهمترین ریسک‌های اولویت‌بندی شده نشان داده شده است.



شکل۲ـ نمودار اولویت ریسک‌های پروژه سد مخزنی آزاد با استفاده از مدل TOPSIS

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

روش‌های متفاوتی برای پاسخ به ریسک، حذف یا کاهش و کنترل ریسک‌ها وجود دارد تا از اثرات نامطلوب محیط زیستی پروژه کاسته شود. در ارزیابی ریسک محیط زیستی سد آزاد با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره با توجه به نتایج به دست آمده و روش اتخاذ شده در جمع‌آوری و پردازش داده‌های تحت مطالعه، می‌توان به صورت زیر نتیجه‌گیری نمود. در واقع چگونگی عملکرد هر یک از ریسک‌ها دلیل اولویت آنها می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه، عمده عامل مولد ریسک، خاکبرداری و خاکریزی می‌باشد که می‌تواند منشأ ریسک‌های دیگر شود. این فعالیت با بر هم زدن افق‌های خاک و تخریب پوشش سطحی آن منجر به فرسایش می‌شود. بخش عمده این فعالیت شامل ایجاد بدنه سد، فرازبند و نشیب بند می‌باشد و با توجه به حجم خاکبرداری (۷,۲۱۲,۵۰۰ مترمکعب) این تأثیر از نظر شدت، زیاد تلقی می‌شود. علاوه بر این عدم زیر سازی مناسب مخازن سوخت و ریزش و نشت مواد روغنی ناشی از تعمیر ماشین آلات سبک و سنگین و نیز تخلیه نادرست ضایعات صنعتی سبب آلودگی خاک و کاهش کیفیت آن می‌گردد. به طورکلی با توجه به اهمیت خاک و پوشش گیاهی به عنوان بستر حیات و زیستگاه بسیاری از گونه‌های جانوری به ویژه پرندگان خشکی زی موجود در منطقه نظیر چلچله(*Hirundo rustica*)، چکاوک (*Alauda arvensis*) و سسک (*Sylvia borin*) وگونه‌های گیاهی نظیر درختچه‌ها و بوته‌های نسترن وحشی(*Rosa canina*)، کنگر (*Gundelia tourneforti*) و گون (*Astragalus sp.*) با انجام عملیات خاکبرداری و خاکریزی و بدلیل قرار گرفتن محل احداث سایت در اکوسیستم کلان بلوط غرب ایران (زاگرس) این ریسک از حساسیت و اهمیت برخوردار است و سبب آسیب به زیستگاه گونه‌های مذکور، کاهش تنوع و تراکم پوشش گیاهی موجود و کاهش کیفیت اکوسیستم خشکی می‌گردد.

ورود پساب بچینگ و سنگ شکن به رودخانه کوماسی با رهاسازی حجم قابل توجهی رسوبات و آلودگی‌های دیگر در جریان آب همراه می‌باشد که طی آن احتمال خفگی لارو ماهی‌ها و بچه ماهیان و مدفون شدن تخم آنها در زیر گل و لای وجود دارد. ورود فاضلاب بهداشتی پرسنل طرح به رودخانه کوماسی با آلوده ساختن آب رودخانه نه تنها کیفیت فیزیکو شیمیایی آب بلکه کیفیت بیولوژیکی آن را نیز به مخاطره می‌اندازد. در مرحله احداث طرح، تولید حدود ۶۳ مترمکعب فاضلاب روزانه مورد انتظار است. با احتساب سرانه بار BOD5، معادل ۴۵ گرم، در صورت تخلیه فاضلاب انسانی طرح به رودخانه بار BOD معادل ۱۸۹۰۰ گرم به رودخانه تحمیل خواهد شد. با تخلیه این میزان BOD و در نظر گرفتن دبی روزانه رودخانه، افزایش غلظت BOD به حدود ۱/۳ میلی گرم بر لیتر خواهد رسید. بدیهی است سایر عوامل آلاینده از قبیل مواد معلق و آلودگی میکروبی نیز در رودخانه افزایش خواهد یافت. اگر چه حجم فاضلاب روزانه در برابر آبدهی روزانه رودخانه (حدود ۱۰۲۹۰۲۴ مترمکعب) در بیشتر ایام سال ناچیز است، اما از آنجا که تولید بخش عمده فاضلاب، در مقاطع زمانی کوتاهی از روز (حدود ظهر و زمان اتمام ساعت کاری روزانه) مورد انتظار است، لذا رهاسازی یکباره آن به رودخانه می‌تواند موجب کاهش شدید کیفیت آب گردد (مهندسین مشاور پنگان آوران، ۱۳۸۵). به این ترتیب میزان آلودگی آب از حد تحمل برخی از گونه‌های ماهی به ویژه لارو آنها فراتر رفته و تعدادی از آنها از بین می‌روند.

فعالیت‌های انحراف آب وآبگیری مخزن سد با کاهش مواد آلی و بار مغذی در جریان رودخانه کوماسی در پایین دست سد سبب از بین رفتن تعادل اکولوژیک شده و لطماتی را بر اکوسیستم‌های آبی ذی ربط وارد خواهد ساخت. به طوری که مواد آلی معلق بخشی از منبع تغذیه و مواد مورد نیاز برای تولید مثل موجودات ذره بینی آبزی را تشکیل می‌دهند. کاهش جمعیت این موجودات به عنوان اعضای اولیه هرم غذایی منجر به کاهش جمعیت ماهی ها به عنوان اعضای رأس هرم نام برده خواهد شد. هم چنین با توجه به علاقه خانواده کپور ماهیان شامل سس ماهی (*Barbus lacerta*)، شیرماهی (*Schizothorax pelzami*)، عروس ماهی (*Leuciscus cephalus*)، سیاه ماهی (*Varicorhinus*

www.SID.ir

trutta) و شاه کولی (*Chalcalburnus mossulensis*) که مجموعه‌ای از گونه‌های بومی رودخانه کوماسی می‌باشند، به مواد غذایی گیاهی، این ماهی‌ها در قسمت‌های پایین دست رودخانه که به علت وجود مواد آلی بیشتر، جلبک‌ها و گیاهان آبزی بیشتری در آن رشد می‌کنند، با تراکم بیشتری یافت می‌شوند لذا با کاهش مواد آلی و بار مغذی رودخانه کوماسی در پایین دست سد در اثر آبگیری مخزن سد این گونه ماهیان با کمبود مواد مغذی روبرو شده و حیاتشان به مخاطره می‌افتد. لازم به ذکر است که با توجه به محدود بودن گونه‌های ماهی موجود در رودخانه کوماسی، کاهش کیفیت این زیستگاه آبی و از بین رفتن لارو گونه‌های ماهیان موجود در آن سبب کاهش تراکم و تنوع گونه‌های موجود شده و به این ترتیب ارزش اکولوژیکی این اکوسیستم آبی به شدت کاهش می‌یابد.

همچنین ریسک شکست سد که ممکن است در اثر وقوع زمین لرزه، سیلاب و نقص در سیستم ایمنی و بدنه سد به وقوع پیوندد که البته به دلیل برآوردها و محاسبات صورت گرفته در طراحی سد آزاد، سیلاب و قرارگیری محور سد در فاصله قابل توجهی نسبت به حریم گسل‌های موجود در منطقه، احتمال وقوع شکست سد بسیار کم می‌باشد، بدین جهت در اولویت آخر قرار گرفته است. بعد از شناسایی، کمی سازی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، راه کارهایی جهت پاسخ به ریسک‌ها از جمله از بین بردن ریسک، انتقال ریسک و پذیرش ریسک در نظر گرفته می‌شوند. از این رو کنترل مهمترین ریسک‌های سد آزاد در محیط‌های مختلف به شرح جدول(۶) ارائه می‌گردد.

جدول۶ـ راهکارهای کنترل مهمترین ریسک‌های محیط زیستی سد آزاد

عوامل مولد ریسک	پیامد	اقدامات کاهش ریسک
ـ خاکبرداری و خاکریزی	ـ تغییر ساختمان و بافت خاک و فرسایش خاک ـ تخریب پوشش گیاهی	ـ حتی الامکان قرارگیری بناهای موقتی مربوط به احداث سد آزاد در داخل محدوده فعلی مخزن جهت جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی. ـ احیای پوشش گیاهی در رویشگاه‌های تیپ‌های جنگلی منطقه با تکیه بر گونه‌های بومی وکاشت گونه‌های تیپ برودار ـ بنه ـ کیکم ـ برگ بویی. ـ کنترل فرسایش
ـ عدم زیر سازی مناسب مخازن سوخت ـ ریزش و نشت مواد روغنی ناشی از تعمیر ماشین آلات سبک و سنگین	ـ آلودگی و کاهش کیفیت خاک	ـ بکارگیری سیستم جمع آوری روغن های سوخته در تعمیرگاه و ماشین آلات سنگین مورد استفاده در طرح ـ مجهز نمودن مخازن سوخت به سیستم زهکش.
ـ تخلیه فاضلاب بهداشتی پرسنل طرح به رودخانه کوماسی ـ ورود پساب بچینگ و سنگ شکن به رودخانه کوماسی	ـ آلودگی آب رودخانه کوماسی و افزایش غلظت BOD ـ از بین رفتن لارو گونه‌های ماهیان موجود در رودخانه ـ کاهش کیفیت زیستگاه آبی ـ کاهش تراکم و تنوع گونه‌های ماهیان	ـ انتخاب فصول دارای حداقل بارندگی جهت انجام فعالیت‌های ساختمانی سد آزاد. ـ انتخاب فصول دارای حداقل بارندگی،حمل و نقل سیمان بصورت بسته بندی شده و نه به صورت فله‌ای ـ قرارگیری ایستگاه بچینگ و سنگ شکن در خط القعر رودخانه کوماسی واقع در فاصلهٔ فرازبند و نشیب بند. ـ ایجاد حوضچه رسوب گیر جهت جمع‌آوری پساب ناشی از فعالیت‌های کارگاه سنگ شکن و بچینگ. ـ استفاده از سیستم سپتیک در دفع پساب پرسنل طرح جهت

Archive of SID

www.SID.ir

		اجتناب از تخلیه آن به رودخانه کوماسی. ـ پایش دوره‌ای گونه‌های ماهیان رودخانه کوماسی جهت تعیین میزان تراکم گونه‌ها.
ـ فعالیت‌های انحراف آب ـ آبگیری مخزن	ـ کاهش مواد آلی و بار مغذی در جریان رودخانه کوماسی در پایین دست سد آزاد	ـ سقوط آب بر روی سکوی مقاوم در برابر فرسایش جهت آزاد سازی آب از این دریچه به بستر پایین دست سد آزاد. ـ تأمین متناوب بخشی از جریان پایین دست سد آزاد، از لایه زیرین مخزن توسط دریچه‌های زیرین.
ـزمین لرزه ـ سیلاب	ـ شکست سد ـ آسیب به روستاها و اراضی کشاورزی پایین دست سد	ـ استفاده از سیستم‌های ابزار دقیق مجهز به آلارم و زنگ خطر در محل سد. ـ تحت پوشش بیمه قرار دادن اراضی کشاورزی موجود در روستاهایی که در برابر سانحه احتمالی ناشی از وجود سد قرار دارند. ـ هماهنگی با پلیس نیروی انتظامی و راهنمایی و رانندگی استان کردستان، شهرستان سنندج و شهرستان مریوان. ـ تأمین متناوب بخشی از جریان پایین دست از دریچه زیرین سد آزاد.

منابع

اصغرپور، م.ج. ۱۳۸۵. تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ایران.

مهدوی نیا، ج.، پرتابی، ص. و نیک صفت، غ.ر. ۱۳۸۶. ارزیابی خطرپذیری سد شفارود با رویکرد مدیریت ریسک و حفظ محیط زیست. اولین کنگره تخصصی سد و محیط زیست در ایران.

جی. بارو، ک. ۱۳۸۰. اصول و روش‌های مدیریت زیست محیطی. انتشارات دانشگاه تهران، ایران.

ثابت رودسری، س. ۱۳۸۷. ارزیابی ریسک زیست محیطی سدها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره، مطالعه موردی سد شفارود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مدیریت و انرژی، واحد علوم و تحقیقات. دانشگاه آزاد اسلامی. تهران، ایران.

مهندسین مشاور پنگان آوران. ۱۳۸۵. مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی سد آزاد. مهندسین مشاور پنگان آوران. تهران، ایران.

مومنی، م. ۱۳۸۷. مباحث نوین تحقیق در عملیات. انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران.

John, R. 2004. Review of risk based prioritization / decision making methodologies for ams. Sarp Yeletaysi. USA.

Shengping, G.U. 2010. The ANP model for dam risk identification of the hydropower project.College of Water and Hydropower Engineering.China.

Tosun, H. 2008. Total risk analysis of dam and appurtenant structures in a basin and a case study. Osmangazi University Civil Engineering Department. Bati Meşelik Eskişehir, Turkey.

Teoh, P.C. & Case, K. 2004. Failure modes and effects analysis through knowledge modeling. Mat. J. Proc. Tech., 153 (154): 253-260.

Windle, P.E. 2004. Delphi technique: assessing component needs. J. Perianesth Nurs.,19 (1): 7-46.

MIL_STD_882D. 2011. available in: www.everyspec.com.

Archive of SID

www.SID.ir