# ارزیابی ریسک محیط زیستی سد پاوه‌رود زنجان در مرحله ساختمانی با استفاده از تلفیق روش‌های TOPSIS و RAM-D

* **سحر رضایان:** استادیار گروه محیطزیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود، ایران (*نویسنده مسئول). s_rezaian@yahoo.com
**سیدعلی جوزی:** دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی،دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران. sajozi@yahoo.com
**صدف عطائی:** کارشناسی ارش محیط زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران. sadaf_ataee@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۴

**چکیده**

**زمینه و هدف:** هدف از انجام این تحقیق، شناسایی و ارزیابی ریسک محیط زیستی سد پاوه رود زنجان در مرحله‌ی ساختمانی است.

**روش کار:** پس از جمع‌آوری و بررسی اطلاعات مربوط به شرایط محیطزیست منطقه مورد مطالعه و شرایط فنی ساخت سد، فهرستی از عوامل احتمالی مولد ریسک‌های محیط زیستی به‌صورت پرسشنامه تهیه و برای بررسی صحت آن‌ها، در اختیار یک گروه متخصص شامل نخبگان و اساتید در رشته‌های مرتبط با محیطزیست و عمران سد قرار گرفت. تعداد پرسشنامه‌ها بر اساس فرمول کوکران تعیین شد. بدین‌صورت که ابتدا، به‌منظور تحلیل پرسشنامه‌های به دست آمده و ریسک‌های موجود در منطقه در قالب طیف لیکرت، از گروه کارشناسی در تحقیق خواسته شد تا امتیازدهی کنند. پس از تجزیه و تحلیل امتیازات داده شده با استفاده از یافته‌های حاصل از روش PHA (Preliminary Hazard Analysis)، از روش TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) به‌منظور اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی‌شده‌ی سد پاوه رود استفاده شد.

**یافته‌ها:** پس از بررسی ۳۶ عامل مولد ریسک، عامل فرسایش در اولویت اول ریسک‌های محیط زیستی قرار گرفت.

**نتیجه‌گیری:** با نتایج حاصل از اولویت‌بندی عوامل ریسک، با استفاده از روش RAM-D (Risk Assessment Methodology - Dams)، ارزیابی ریسک صورت گرفته که تأثیر بر منطقه حفاظت شده سرخ آباد با امتیاز ۹، فرسایش با امتیاز ۶ و کار در ارتفاع با امتیاز ۳، مهم‌ترین ریسک‌های سد پاوه رود شناخته شدند. به‌منظور تقلیل اثرات ریسک، ارائه برنامه مدیریت محیط زیستی ضروری بوده و بدین منظور گزینه‌های کاهش ریسک پیشنهاد گردید.

**کلیدواژه‌ها:** ارزیابی ریسک محیط زیستی، سد، روش TOPSIS، روشRAM-D، ارزیابی مقدماتی ریسک

## مقدمه

احداث سدهای بزرگ آثار محیطی، بیولوژیکی، بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی مهمی را در محیط اطراف خود به وجود می‌آورند (۱). با توجه به رشد و توسعه‌ی سدسازی در جهان به‌ویژه در ایران لزوم بررسی آثار محیطزیستی سد از اهمیت خاصی برخوردار است (۲). ارزیابی ریسک سد، فرایندی است که به‌وسیله‌ی آن تصمیماتی اتخاذ می‌شود درباره‌ی اینکه آیا سطح ریسک‌هایی که از طریق سد ایجاد می‌شود قابل‌تحمل است یا آیا ریسک های شناسایی شده نیاز دارند که از طریق انجام برخی از اقدامات کنترلی کاهش یابند (۳).

در ارزیابی ریسک محیط زیستی افزون بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیطزیست منطقه‌ی تحت اثر، میزان حساسیت محیطزیست متأثر و همچنین ارزش‌های خاص محیط زیستی منطقه نیز در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه در نظر گرفته می‌شود (۴).

خسروانی در مطالعه موردی: سد رودبار لرستان، به شناسایی مخاطرات محیطزیستی سد مذکور در فاز ساختمانی و تعیین شدت مخاطرات ناشی از عملیات عمرانی می‌پردازد. از روش RAM-D (Methodology - Dams Risk Assessment) برای شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های محیطزیستی حوزه‌های بالادست و پایین‌دست سد مورد مطالعه استفاده کرده است (۵).

درویشی و همکاران، جهت اولویت‌بندی عوامل

[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

ریسک، از روش دلفی استفاده کردند. جهت ارزیابی ریسک محیطزیستی نیز ابتدا از روش آنالیز مقدماتی خطر (PHA) (Preliminary Hazard Analysis) ریسک‌های مهم را تعیین کرده‌اند و در مجموع ۹ ریسک برای بررسی شناخته شد که نتایج به دست آمده از ارزیابی آن‌ها، اولویت‌بندی بین آن‌ها به کمک روش‌های تاپسیس (TOPSIS) (Technique for Order Solution Preference by Similarity to Ideal) و مجموع ساده وزین (SAW) صورت گرفت (۶).

Jozi و همکاران، در مطالعه خود، پس از شناسایی فعالیت‌های سد در فاز بهره‌برداری به‌منظور شناسایی عوامل ریسک از روش آنالیز مقدماتی خطر موسوم به PHA استفاده کردند و ریسک‌های محیطزیستی بدست آمده در قالب ۵ دسته‌ی ریسک‌های فیزیکی - شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی - اجتماعی و فرهنگی، ریسک های ایمنی - بهداشتی و طبیعی طبقه‌بندی شد. در این مرحله پس از شناسایی ریسک‌ها، عوامل مولد ریسک به کمک روش EFMEA ارزیابی شده و در انتها اولویت‌بندی بین ریسک‌ها صورت گرفت (۷).

Matalucci، در مطالعه به شرح و توضیح روش RAM-D می‌پردازد و ذکر می‌کند که این روش توسط آزمایشگاه ملی سندیا برای تجزیه و تحلیل فرآیندهای زیر ایجاد شده است: مأموریت‌ها سد، اتفاقات ناخواسته‌ای که موجب جلوگیری از موفقیت سدها می‌شوند، ناسازگارهای بالقوه و ویژگی‌های آن‌ها، نتیجه گزینه‌های کاهش خطرات و جایگزین‌های کاهش ریسک محیطزیست (۳).

Bowels و همکاران، در مقاله A Role for Risk Assessment in Dam safety management به مدیریت ریسک جامع اشاره دارند. در این رابطه به روش‌هایی بر پایه ریسک در مورد ایمنی سد و عواملی که باعث استفاده از این روش‌ها توسط مالکان می‌شود اشاره می‌کنند، سپس در مورد پروسه تصمیم‌گیری ایمنی سد و مراحل مختلف آن و عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری و چگونگی انتخاب آن‌ها بحث می‌کنند (۸).

به‌طورکلی ارزیابی ریسک‌های محیطزیستی متولیان پروژه را قادر می‌سازد که تصمیماتی اثربخش در راستای مدیریت ریسک‌ها و آلاینده‌ها در کلیه مراحل پروژه اتخاذ نمایند. هدف از مطالعه ارزیابی ریسک محیطزیستی سد پاوه‌رود در استان زنجان، شناسایی، طبقه‌بندی و ارزیابی ریسک‌های محیطزیستی ناشی از آن می‌باشد. استفاده از تلفیق روش‌های TOPSIS و Ram-D به‌منظور ارزیابی، اولویت‌بندی و شناخت عوامل ریسک محیطزیستی سد مورد مطالعه انتخاب گردید.

معرفی محل مورد مطالعه: سد تنظیمی پاوه‌رود در شمال غرب ایران و در حد فاصل استان‌های زنجان (طارم علیا) و گیلان و قزوین (طارم سفلی) در مختصات جغرافیایی ″۳۰′۴۷°۳۶ تا ′۵°۳۷ عرض شمالی و ′۴۱°۴۸ تا ′۷°۴۹ طول شرقی واقع شده است. رودخانه بزرگ و عمده منطقه قزل‌اوزن است که از ارتفاعات زاگرس سرچشمه گرفته و در منطقه از جهت شمال غرب به جنوب شرق در جریان است. در طول محدوده مطالعاتی جمعاً ۱۰ رودخانه جانبی در سمت چپ و ۸ رودخانه از جناح راست به آن می‌پیوندند، این

جدول۱ – مشخصات محدوده مطالعاتی و فنی سد (۹)

| مشخصات | |
|---|---|
| مساحت حوزه در محدوده طرح | ۲۷۵۰ کیلومتر مربع |
| متوسط بارندگی سالانه | ۱۸۳/۷ میلیمتر |
| آبگیرها | ۲۸ عدد (۱۶آبگیر در ساحل راست و ۱۲ آبگیر در ساحل چپ) |
| اراضی تحت آبیاری شبکه | ۸۲۸۵ هکتار تحت آبیاری سطحی، ۲۸۰۰ هکتار تحت آبیاری بارانی و ۷۷۰۰ هکتار، تحت آبیاری قطره‌ای |
| وسعت اراضی تحت پوشش شبکه | ۸۳۸۵ هکتار اراضی ساحل چپ ۱۰۴۰۰ هکتار اراضی ساحل راست |
| | مشخصات فنی |
| ارتفاع تاج | ۱۹ متر |
| حجم مخزن | ۱۵/۳ میلیون متر مکعب |
| مساحت دریاچه | ۲۰۸ هکتار |



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

تصویر ۱- موقعیت مکانی سد پاوه‌رود زنجان

رودخانه‌های جانبی خصوصاً در هنگام کاهش بارندگی در ارتفاعات به‌صورت فصلی می‌باشند. هدف از اجرای سد تنظیمی پاوه‌رود کنترل سیلاب مصنوعی خروجی از نیروگاه‌های بالادست مانند مشمپا، استور و ... و تأمین آب مورد نیاز و افزوده کشاورزی به اراضی پایین دست از طریق احداث شبکه آبیاری و زهکشی پاوه‌رود می‌باشد. این سد آب خروجی از سدهای دیگر را، متناسب با نیاز شبکه آبیاری و به‌صورت روزانه و تدریجی به اراضی کشاورزی پاوه‌رود تخلیه می‌کند. در جدول (۱) مشخصات محدوده مطالعاتی و فنی سد آمده است. تصویر (۱) نشانگر موقعیت جغرافیایی سد می‌باشد.

## روش کار

پس از بررسی پیشینه تحقیق، شناسایی، جمع‌آوری و بررسی اطلاعات مربوط به شرایط محیط‌زیست منطقه مورد مطالعه و شرایط فنی ساخت سد، لیستی از عوامل احتمالی ریسک به‌صورت پرسشنامه تهیه و برای تأیید درستی آن‌ها، در اختیار یک گروه دلفی شامل نخبگان و اساتید در رشته‌های مرتبط با محیط‌زیست و عمران سد قرار گرفت. حجم نمونه این تحقیق با بهره‌گیری از رابطه کوکران شمار ۲۸ نفر تعیین شد.

رابطه ۱ (۱۰):

$$n = \frac{\frac{z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N}\left(\frac{z^2 pq}{d^2} - 1\right)}$$

بدین‌صورت که ابتدا، به‌منظور تحلیل پرسشنامه‌های به دست آمده و ریسک‌های موجود در منطقه در قالب طیف لیکرت (بسیار کم ۱، کم ۳، متوسط ۵، مهم ۷، بسیار مهم ۹)، شناسایی و از گروه کارشناسی در تحقیق خواسته شد تا امتیازدهی کنند. از روش ارزیابی مقدماتی ریسک (PHA) نیز به‌منظور دستیابی به یک نگرش کلی در رابطه با ارزیابی مقدماتی ریسک استفاده گردید. PHA یک آنالیز ایمنی سیستماتیک است که برای شناسایی مناطق ایمنی بحرانی جهت ارزیابی خطرات مهم و شناسایی الزامات طراحی ایمنی سیستم مورد استفاده واقع می‌شود (۱۱). RAC عدد مربوط به شدت و احتمال رخداد بوده که در ماتریس ارزیابی ریسک، شدت بر روی یک محور و احتمال آن روی محور دیگر قرار می‌گیرد (۱۲). ماتریس ارزیابی ریسک در PHA در جدول ۲ آمده است.

با در نظر گرفتن ویژگی‌های سد و محیط‌زیست تحت‌تأثیر آن و اولویت‌بندی عوامل ریسک‌های محیط‌زیستی ناشی از پروژه از روش TOPSIS، استفاده گردید. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و در عین حال دارای بیشترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد و در ادامه با استفاده از روش RAM-D نیز محاسبه و ارزیابی ریسک صورت گرفت. این روش یک فرآیند ارزیابی توسعه یافته است که برای تحلیل ایمنی ریسک موجود در سدها و همچنین ارائه اطلاعات برای حمایت تصمیم‌های کاهش ریسک مؤثر که به‌وسیله مدیران اخذ شده است، به‌وجود آمده است. مرکز اصلی RAM-D فرآیندی است که به‌وسیله یک ارزیابی ریسک سیستماتیک تکمیل شده است (۳).

[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

روش RAM-D از روش تحلیل درخت خطا بهره می‌گیرد و اطلاعات مورد نیاز را از متخصصان، منابع موجود و سایت‌های اینترنتی فراهم می‌کند و طرح و نقشه اولیه سدها به شدت بستگی به این موارد دارد. RAM-D یک فرآیند زنده و پویا است که با تغییر محیط تهدید نیاز به بازبینی و تغییر دارد (۱۴). در تصویر (۲) مراحل اجرای ارزیابی ریسک به روش RAM-D نشان داده شده است.

منظور از کارایی سیستم اثربخشی تسهیلات و امکانات پروژه و سیستم ایمنی در حفاظت در برابر ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی شده می‌باشد.

پس از پرکردن کاربرگ‌ها، بر اساس نظر کارشناسان، محقق و شرایط محیط‌زیستی و فنی پروژه، امتیازات در نظر گرفته شده برای هر عامل ریسک در معادله زیر گنجانده می‌شود (۱۳).

(احتمال تهدید)×(پیامدها)×(۱-کارایی سامانه) = ریسک

در تصویر (۳) مراحل انجام تحقیق به تفکیک نشان داده شده است.

**یافته‌ها**

نتایج حاصل از روش PHA که به‌منظور ارزش‌گذاری بررسی احتمال وقوع ریسک و تعیین شدت خطر استفاده گردید در جدول ۳ آمده است.

بالا بودن برخی ریسک‌های محیط‌زیستی در سد مورد مطالعه را می‌توان به دلایل زیر نسبت داد:

خاک‌برداری و خاک‌ریزی: ایجاد فرسایش، تغییر در ساختمان خاک، آلودگی آب‌های سطحی.

احداث تونل: فرسایش خاک، ایجاد آلودگی هوا و صوت، تغییر در شکل زمین و اثر اجتناب‌ناپذیر بر زیستگاه‌ها.

احداث جاده‌های دائمی: ایجاد اختلال در زیستگاه‌ها، پراکنش گرد و غبار در منطقه و ایجاد آلودگی صوتی.

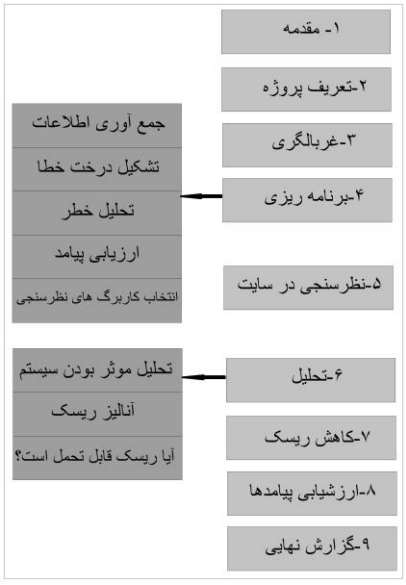
[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

جدول ۲- ماتریس ارزیابی ریسک در PHA (۱۲)

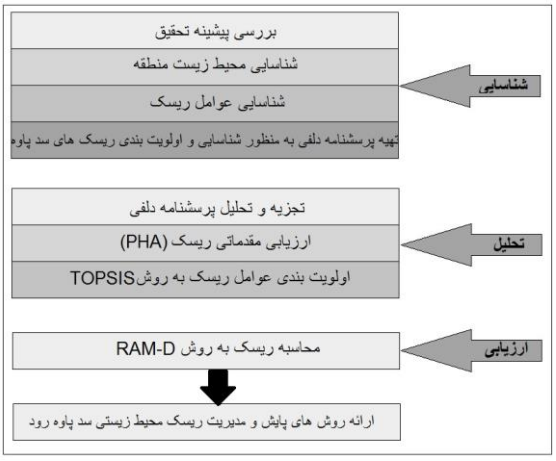
| شدت اثر / احتمال وقوع | فاجعه بار (۱) | بحرانی (۲) | مرزی (۳) | جزئی (۴) |
|---|---|---|---|---|
| (A)مکرر | ۱A | ۲A | ۳A | ۴A |
| (B)محتمل | ۱B | ۲B | ۳B | ۴B |
| (C) گاه به گاه | ۱C | ۲C | ۳C | ۴C |
| (D)خیلی کم | ۱D | ۲D | ۳D | ۴D |
| (E)غیر محتمل | ۱E | ۲E | ۳E | ۴E |
| شاخص ریسک | غیر قابل قبول | نامطلوب | قابل قبول با تجدید نظر مدیریت | قابل قبول بی تجدید نظر |

دفع ضایعات، زایدات و پساب‌ها: ایجاد آلودگی‌های محیط‌زیست از قبیل آلودگی آب و خاک و هوا.

فرسایش: از بین رفتن استحکام خاک، آسیب به پوشش گیاهی و ایجاد رسوب.




تصویر ۲- فرآیند ارزیابی ریسک در سدها به روشRAM-D (۱۴)




تصویر ۳- فرایند ارزیابی ریسک محیط زیستی سد پاوه‌رود



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

جدول۳- ارزیابی مقدماتی ریسک محیط زیستی سد پاوه‌رود به روش PHA

| ریسک | | ارزیابی | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | احتمال وقوع | شدت اثر | RPN | سطح ریسک |
| ریسک های فنی | خاکبرداری و خاکریزی | B | ۲ | B۲ | |
| | انفجار | C | ۲ | C۲ | |
| | حفاری | B | ۳ | B۳ | |
| | احداث تونل | B | ۲ | B۲ | |
| | احداث جاده های دسترسی موقت | C | ۲ | C۲ | |
| | احداث جاده های دائمی | B | ۲ | B۲ | |
| | احداث کمپ های کارگاهی و مسکونی | C | ۴ | C۴ | |
| | احداث پارکینگ های موقت | C | ۴ | C۴ | |
| | فعالیت تجهیزات و ماشین آلات | B | ۳ | B۳ | |
| | انبار کردن مواد نفتی | C | ۲ | C۲ | |
| | دفع ضایعات، زایدات و پساب ها | B | ۲ | B۲ | |
| | حمل و نقل | B | ۳ | B۳ | |
| | بتن ریزی و کارهای بتنی | B | ۳ | B۳ | |
| | سنگ چینی | C | ۴ | C۴ | |
| | احدث فرازبند و نشیب بند | B | ۴ | B۴ | |
| | منابع قرضه | C | ۴ | C۴ | |
| | انتقال خطوط انرژی و آب به محل | C | ۳ | C۳ | |
| | فعالیت انسانی در کارگاه | B | ۳ | B۳ | |
| ریسک های ایمنی و بهداشت | مسمومیت ناشی از گازهای سمی در تونل ها | D | ۱ | D۱ | |
| | کار در ارتفاع | C | ۲ | C۲ | |
| | تصادفات ناشی از حمل و نقل | C | ۲ | C۲ | |
| | گزیدگی توسط مار و عقرب و... | D | ۲ | D۲ | |
| ریسک های فیزیکوشیمیایی | فرسایش | B | ۲ | B۲ | |
| | رسوب گذاری | B | ۳ | B۳ | |
| | کیفیت آب | B | ۳ | B۳ | |
| | کاهش حجم آب پایین دست | B | ۳3 | B۳ | |
| | تغییر در بستر پایین دست رودخانه | A | ۳ | A۳ | |
| | اختلال در تأمین شن برای سواحل | A | ۴ | A۴ | |
| | کیفیت خاک | B | ۳ | B۳ | |
| | کیفیت هوا | B | ۳ | B۳ | |
| | تسطیح اراضی | C | ۳ | C۳ | |
| | تغییر در خرد اقلیم | C | ۴ | C۴ | |
| ریسک های بیولوژیکی | اثر بر آبزیان | A | ۲ | A۲ | |
| | ورود گونه های آبزی جدید به مخزن | D | ۳ | D۳ | |
| | تأثیر بر گونه های گیاهی | B | ۲ | B۲ | |
| | تأثیر بر حیات وحش | B | ۲ | B۲ | |
| | تأثیر بر منطقه سرخ آباد | B | ۲ | B۲ | |
| ریسک های طبیعی | لرزه خیزی | C | ۱ | C۱ | |
| | وقوع سیل | C | ۱ | C۱ | |
| | زمین لغزش | D | ۳ | D۳ | |
| ریسک های اقتصادی- اجتماعی | مهاجرت | D | ۴ | D۴ | |
| | تغییر کاربری زمین | B | ۳ | B۳ | |
| | تأثیر بر منظر و گردشگری | B | ۳ | B۳ | |

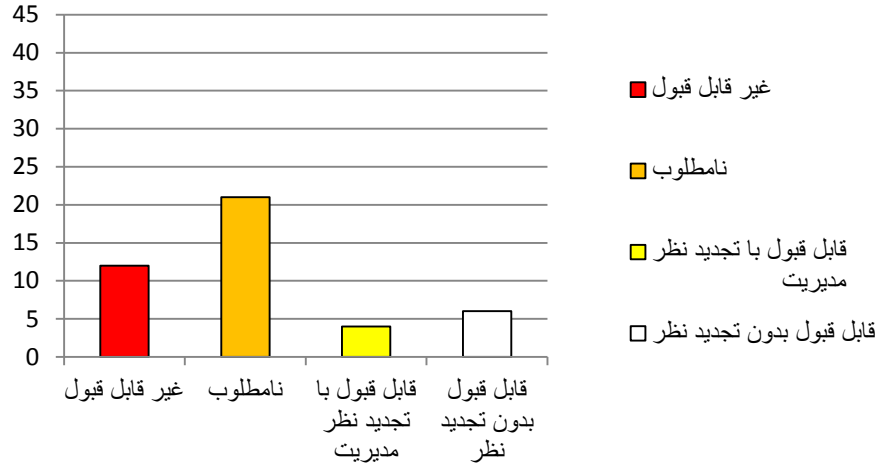
ریسک بالا | ریسک متوسط | ریسک پایین

تغییر در بستر پایین‌دست رودخانه: تغییر در پوشش گیاهی و جانوری.

اثر بر آبزیان: آسیب در مسیر حرکت خود، از بین رفتن زیستگاه واقعی و ممانعت عبور توسط



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]




نمودار ۱- نتایج روش PHA

سد.

تأثیر بر گونه‌های گیاهی: از بین رفتن بخشی از پوشش گیاهی منطقه، آلودگی هوا و تغییر در کیفیت خاک و آب.

تأثیر بر حیات وحش: ناامن شدن زیستگاه‌ها در محل پروژه، اثرات انفجارها، قطع ارتباط در زیستگاه‌ها.

تأثیر بر منطقه سرخ‌آباد: احداث شبکه آبیاری و زهکشی.

لرزه‌خیزی: احتمال زمین‌لرزه با توجه به برخورداری منطقه از پویایی لرزه‌ای.

وقوع سیل: با توجه به وجود سد استور با حجم مخزن حدود ۷۰۰ میلیون مترمکعب و سد مشمپا با حجم حدود یک میلیارد مترمکعب در بالادست رودخانه در صورت بروز سیل سد پاوه‌رود با حجم مخزن ۱۵/۳ میلیون مترمکعب ظرفیت پذیرش این حجم سیلاب را نخواهد داشت.

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، برای تجزیه و تحلیل امتیازات داده شده به عوامل ریسک و با استفاده از یافته‌های حاصل از روش PHA، از روش TOPSIS به‌منظور اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی شده‌ی سد پاوه‌رود استفاده شد. این اولویت‌بندی‌ها در جدول (۴) آمده است.

طبق نتایج بدست آمده در جدول (۴)، با استفاده از روش TOPSIS، از بین ۳۶ عامل ریسک، فرسایش، با توجه به فرسایش‌پذیری بسیار زیاد حوضه مطالعاتی و با شدت یافتن آن با از بین رفتن خاک‌های سطحی و آسیب به پوشش گیاهی در اولویت اول، خاک‌برداری و خاک‌ریزی، به دنبال عملیات سدسازی در سطح وسیع برای ایجاد مخزن سد، ساخت جاده‌ها، تونل‌ها، کمپ‌ها، در اولویت دوم و تغییر در خرد اقلیم به دلیل تأثیرپذیری کم و چشم‌پوشی از اثر آن در اولویت

جدول ۴- اولویت بندی ریسک‌های محیط زیستی سد پاوه‌رود بر اساس روش TOPSIS

| | ریسک محیط زیست | رتبه |
|---|---|---|
| ۲۳A | فرسایش | ۱ |
| ۱A | خاکبرداری و خاکریزی | ۲ |
| ۲۵A | کیفیت آب | ۳ |
| ۲۴A | رسوب گذاری | ۴ |
| ۳۷A | تأثیر بر منطقه سرخ آباد | ۵ |
| ۳A | حفاری | ۶ |
| ۱۱A | دفع ضایعات، زایدات و پساب ها | ۷ |
| ۴A | احداث تونل | ۸ |
| ۹A | فعالیت تجهیزات و ماشین آلات | ۹ |
| ۲۰A | کار در ارتفاع | ۱۰ |
| ۲A | انفجار | ۱۱ |
| ۱۳A | بتن ریزی و کارهای بتنی | ۱۲ |
| ۳۶A | تأثیر بر حیات وحش | ۱۳ |
| ۱۰A | انبار کردن مواد نفتی | ۱۴ |
| ۳۳A | اثر بر آبزیان | ۱۵ |
| ۳۹A | وقوع سیل | ۱۶ |
| ۳۸A | لرزه خیزی | ۱۷ |
| ۱۹A | مسمومیت ناشی از گازهای سمی در تونل ها | ۱۸ |
| ۳۵A | تأثیر بر گونه های گیاهی | ۱۹ |
| ۶A | احداث جاده های دائمی | ۲۰ |



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

| | | |
|---|---|---|
| ۲۶A | کاهش حجم آب پایین دست | ۲۱ |
| ۵A | احداث جاده های دسترسی موقت | ۲۲ |
| ۳۱A | تسطیح اراضی | ۲۳ |
| ۲۹A | کیفیت خاک | ۲۴ |
| ۲۲A | گزیدگی توسط مار و عقرب و... | ۲۵ |
| ۱۸A | فعالیت انسانی در کارگاه | ۲۶ |
| ۲۷A | تغییر در بستر پایین دست رودخانه | ۲۷ |
| ۴۱A | مهاجرت | ۲۸ |
| ۱۲A | حمل و نقل | ۲۹ |
| ۳۰A | کیفیت هوا | ۳۰ |
| ۲۱A | تصادفات ناشی از حمل و نقل | ۳۱ |
| ۷A | احداث کمپ های کارگاهی و مسکونی | ۳۲ |
| ۴۰A | زمین لغزش | ۳۳ |
| ۸A | احداث پارکینگ های موقت | ۳۴ |
| ۲۸A | اختلال در تأمین شن برای سواحل | ۳۵ |
| ۱۶A | منابع قرضه | ۳۶ |
| ۳۴A | ورود گونه های آبزی جدید به مخزن | ۳۷ |
| ۴۳A | تأثیر بر منظر و گردشگری | ۳۸ |
| ۴۲A | تغییر کاربری زمین | ۳۹ |
| ۱۴A | سنگ چینی | ۴۰ |
| ۱۵A | احداث فرازبندو نشیب بند | ۴۱ |
| ۱۷A | انتقال خطوط انرژی و آب به محل | ۴۲ |
| ۳۲A | تغییر در خرد اقلیم | ۴۳ |

آخر قرار گرفت.

پس از اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی سد پاوه‌رود به روش TOPSIS، به ارزیابی ریسک با استفاده از روش RAM-D پرداخته شد. برای محاسبه ریسک سد به روشRAM-D با پر کردن کاربرگ‌هایی می‌توان مقدار ریسک را تخمین زد. در این کاربرگ‌ها احتمال وقوع ریسک، پیامدهای ریسک و کارایی سیستم (سد) را در نظر گرفته شده است؛ و نتایج ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد پاوه رود به روش RAM-D در جدول (۵) ذکر شده است.

پس از اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی سد پاوه رود به روش TOPSIS، ارزیابی ریسک بین نتایج اولویت‌بندی ریسک‌ها، با استفاده از روش RAM-D صورت گرفت که نتایج نشان داد که تأثیر بر منطقه حفاظت شده سرخ آباد، با توجه به مجاورت با ساختگاه سد و قرار گرفتن بخشی از منطقه در محدوده احداث شبکه آبیاری و زهکشی، با امتیاز ۹، فرسایش به سبب فرسایش‌پذیری بسیار زیاد منطقه، با امتیاز ۶ و کار در ارتفاع به دلیل اهمیت ایمنی آن و زلزله، با توجه به اینکه گستره پیرامون ساختگاه سد از پویایی لرزه‌ای برخوردار است، با امتیاز ۳ مهم‌ترین ریسک‌های سد پاوه رود شناخته شدند.

## بحث و نتیجه‌گیری

پروژه‌های سدسازی ریسک بیشتری نسبت به پروژه‌های دیگر دارند زیرا این پروژه‌ها مستلزم مخارج زیاد و شرایط مکانی پیچیده هستند. بنابراین شناخت منابع ریسک و عدم اطمینان در پروژه سدسازی پاوه رود و شناخت، بررسی و ارزیابی ریسک آن، جهت تعیین مهم‌ترین و اثرگذارترین آن‌ها در پروژه حائز اهمیت می‌باشد.

استفاده از روش‌های PHA، TOPSIS و RAM-D به تجزیه و تحلیل ریسک‌های محیط‌زیستی حاصل از سد و رسیدن به اطلاعات و داده‌های معنی‌دار از ارزیابی ریسک در جهت کمک به اولویت‌بندی خطرات در نتیجه تخصیص منابع در جهت ارائه راهکارهایی برای این اولویت‌ها و کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی شده در جهت مقبولیت آن‌ها را با خود به همراه داشت.

با توجه به اینکه PHA روشی نیمه کمی است (۱۱)، بنابراین اولویت‌بندی ریسک‌ها در این روش

جدول ۵- نتایج ارزیابی ریسک محیط زیستی سد پاوه رود به روش RAM-D

| فاکتورهای RAM-Dریسک | احتمال | پیامد | کارایی سیستم | ۱ -کارایی سیستم | مقادیر ریسک |
|---|---|---|---|---|---|
| خاکبرداری و خاکریزی | ۳ | ۱ | ۰/۷۵ | ۰/۲۵ | ۰/۷۵ |
| کار در ارتفاع | ۳ | ۴ | ۰/۷۵ | ۰/۲۵ | ۳ |
| مسمومیت ناشی از گازهای سمی | ۳ | ۳ | ۰/۷۵ | ۰/۲۵ | ۲/۲۵ |
| زلزله | ۳ | ۲ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۳ |
| فرسایش | ۴ | ۳ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۶ |
| تأثیر بر منطقه سرخ آباد | ۴ | ۳ | ۰/۲۵ | ۰/۷۵ | ۹ |



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

نیـز به‌صـورت کیفـی اسـت. در اولویت‌بنـدی ریسک‌های فنی در فاز سـاختمانی سـد پـاوه رود، پـس از تجزیـه و تحلیـل امتیـازات داده شـده بـه عوامل ریسک و با استفاده از یافتـه‌های حاصـل از روش PHA، برای ادامه‌ی کار ارزیابی، ریسـک‌های با سطح بـالا و متوسـط از کـل ریسـک‌ها از روش TOPSIS بـه‌منظور اولویت‌بنـدی ریسـک‌های محیط‌زیستی شناسایی حاصل از روش PHA سـد پاوه رود استفاده شد.

روش TOPSIS یکی از مطمئن‌ترین روش‌هـای علمی و مدیریتی تصـمیم سـازی و تصـمیم‌گیری بوده و با استفاده از آن می‌توان تصـمیم‌گیری‌ها را علمی‌تر ساخته و فرآیند تصمیم‌گیری، در بسـتری از داده‌ها و خروجی‌های منطقی‌تر قرار گیرد (۱۴).

روش Ram-D به‌صورت کمـی ریسـک وارده بـر سدها را پیش‌بینـی می‌کنـد و تحلیـل جـامعی در خصوص آسیب‌پذیری سدها ارائـه می‌دهـد (۱۳). نتایج حاصل از این روش نشان داد کـه فرسـایش، خـاک‌برداری و خـاک‌ریزی، کیفیـت آب و رسوب‌گذاری، به ترتیب اولویت‌های اول تا چهـارم ریسک‌ها را به خود اختصاص دادند.

از آنجا که بسیاری از روش‌های بکار بـرده بـرای ارزیابی ریسک محیط‌زیسـت به‌صـورت تلفیقـی از چند روش انجام می‌شود، پـس بایـد TOPSIS را به سوی یک محیط حاصـل از تلفیـق چنـد روش، توسعه داد تا بـا محـیط واقعـی، تناسـب بیشـتری داشته باشد.

بنابراین در این پـژوهش بـه‌منظور دسـتیابی بـه تصـمیمات کـارآتر از ترکیـب سـه روش PHA، TOPSIS و RAM-Dکه نقـاط ضـعف هریـک بـا نقاط قوت دیگری جبران می‌شود، استفاده گردید.

در روش‌های استفاده شـده؛ قضـاوت‌های ذهنـی تصمیم گیران در فرایند روش‌های به کار برده شده در ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد پاوه رود مورد اسـتفاده قـرار گرفـت؛ و بـا ترکیـب روش‌هـای ذکرشده، ضمن بهره‌گیری از مزایـا و نقـاط ضـعف آن‌هـا، بـه ترتیـب ارزیـابی مقـدماتی ریسـک، اولویت‌بندی و ارزیابی ریسک، صورت پذیرفت و بر اسـاس آن‌هـا نیـز بـه ترتیـب خـاک‌برداری و خاک‌ریزی، احداث تونل، احداث جاده‌های دائمـی، دفع ضایعات، زایدات و پساب‌ها بـه دلیـل وسـعت محل تأثیرگذار سـطح ریسـک بـالایی را بـه خـود اختصـاص دادنـد. در اولویت‌بنـدی ریسـک‌های فیزیکوشیمیایی، فرسایش، تغییـر در بسـتر پـایین دست رودخانه، دارای سطح ریسک بالا بـوده و در ریسک‌های بیولـوژیکی، اثـر بـر آبزیـان، تـأثیر بـر گونه‌های گیاهی، تأثیر بر حیات وحـش، تـأثیر بـر منطقه سرخ آباد، در فاز سـاختمانی سـد پـاوه رود

جدول ۶- برنامه مدیریت ریسک های محیط زیستی سد پاوه رود

| عامل ریسک | روش های کنترل و اقدامات پیشنهادی | مسئولیت | دوره ی زمانی پایش |
|---|---|---|---|
| تاثیر بر منطقه سرخ آباد | – پایش و کنترل آلودگی‌ها در حین اجرای پروژه و حفاظت از مرزهای منطقه حفاظت شده<br>–کاهش سروصدا در اواخر زمستان (فصل مهاجرت پرندگان) جهت کاهش ناامنی برای پرندگان آبزی و کنارآبزی<br>– هماهنگی و نظارت محیط زیستی در نصب نورافکن | پیمانکار و سازمان حفاظت محیط زیست | –مستمر و مداوم<br>–بازدید دوره ای<br>– بازدید دوره ای |
| فرسایش | –کاشت نهال در زمین های مشرف به رودخانه و دریاچه<br>– استفاده از انواع آب بندها به فراخور شرایط شیب، ارتفاع و جنس دیواره دریاچه و آبراهه<br>– اجرای اقدامات حفاظت خاک<br>– تثبیت اراضی شیب دار اطراف مخزن و بخصوص در محدوده نوسانات آب مخزن و اراضی پیرامون آن<br>–جلوگیری از شخم زدن اراضی کشاورزی در جهت شیب به منظور حفاظت خاک اراضی<br>–بهبود و اصلاح خاک زراعی محدوده شبکه | سازمان منابع طبیعی | –دوره ای<br>–ابتدای پروژه<br>–شش ماه یک بار<br>–ابتدای پروژه<br>–مستمر و مداوم<br>–شش ماه یک بار |
| زلزله | –در نظر گرفتن مطالعات لرزه خیزی منطقه در انتخاب مصالح ساختمانی و رعایت استانداردها و آیین نامه ها | پیمانکار | بازدید دوره ای |
| کار در ارتفاع | –استفاده از کمربندهای ایمنی مخصوص کار<br>–استفاده از شبکه های توری در صورت نیاز | پیمانکار | –مستمر و مداوم<br>–مستمر و مداوم |

[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

بالاترین سطح را به خود اختصاص دادند. لرزه‌خیزی و وقوع سیل در اولویت‌بندی ریسک‌های طبیعی سد در اولویت اول و در ریسک‌های اقتصادی-اجتماعی سد مورد مطالعه، تغییر کاربری زمین، تأثیر بر منظر و گردشگری، در سطح متوسط قرار گرفت.

از روش PHA همانند تحقیق حاضر در ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد صیدون خوزستان در مرحله ساختمانی، از سوی درویشی و همکاران و ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد گتوند علیا در مرحله‌ی بهره‌برداری، از سوی جوزی و همکاران، استفاده شد. درویشی و همکاران برای ارزیابی ریسک پس از استفاده از روش PHA، از (TOPSIS)، (SAW) و جوزی و همکاران از روش EFMEA بهره گرفتند.

خسروانی از روش RAM-D به‌منظور شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی حوزه‌های بالادست و پایین دست سد رودبار لرستان، استفاده نمود اما در تحقیق حاضر ابتدا عوامل ریسک توسط روش PHA شناسایی، اولویت‌بندی بین ریسک‌های حاضر توسط روش TOPSIS و ارزیابی ریسک بین اولویت‌بندی حاصل از آن توسط روش RAM-D صورت گرفت. در واقع استفاده از این سه روش به‌طور همگام با یکدیگر به‌منظور شناسایی دقیق و مشخص شدن عوامل ریسک با اعداد کمی تحقق یافت. شایان ذکر است تاکنون از تلفیق این سه روش برای ارزیابی ریسک سد در مرحله‌ی ساختمانی استفاده نشده است و این مقاله نخستین تجربه محسوب می‌شود.

با مقایسه نتایج این پژوهش و اولویت‌بندی ارائه شده، نقاط قوت حاصل از تلفیق این سه روش روشن شد. همچنین یکی از نتایج مهم این تحقیق اثبات برتری توان تشخیصی روش‌های تلفیقی نسبت به استفاده از تنها یک روش به‌منظور اولویت‌بندی ارزیابی ریسک محیط‌زیستی، بود.

با توجه به مقایسه‌های انجام شده، بکارگیری سه روش PHA، TOPSIS و RAM-D استفاده شده در این پژوهش برای مطالعات و بررسی‌های سدها و همچنین سایر مطالعات محیط‌زیستی در اتخاذ تصمیمات و ارائه راهکار، بسیار راهگشا خواهد بود. در نتیجه عواملی که در اولویت‌های اول رتبه‌بندی جای دارند باید راهکار مناسب برای کاهش ریسک حاصل از آن‌ها را تدوین نمود.

در مطالعات آینده می‌توان با استفاده از تلفیق روش‌های مطرح شده، پروژه‌های محیط‌زیستی را اولویت‌بندی و نتایج را با یکدیگر مقایسه کرد و می‌توان به مقایسه‌ها و در نتیجه نتایج قابل اطمینان تر در ارائه راهکارهای مناسب دست یافت.

قبل از اجرای پروژه اقدامات پیشگیرانه و کنترلی محیط‌زیستی باید صورت گیرد. عوامل ریسک نامطلوب نیز در طول اجرای پروژه از طریق اقداماتی نظیر آموزش، پایش و کنترل کاهش یابند. برای رویارویی با ریسک‌های شناسایی شده حاصل از روش‌های به کار برده در تحقیق، گزینه‌های کاهش ریسک در واقع کاهش شدت اثرات ریسک پیشنهاد می‌شود. به‌منظور کاهش اثرات ریسک‌های سد در فاز ساختمانی برنامه مدیریت محیط‌زیستی ضروری می‌باشد. جدول (۶) برنامه مدیریت ریسک‌های محیط‌زیستی سد پاوه رود را نشان می‌دهد.

## منابع


1. Najmaie M. [Dams and the Environment], Department of Energy and the National Committee on Large Dams. 2006;55. (Persian)
2. Nikbakht M, Shahmohammadi Heydary Z. [Environmental impact assessment of the dam's operation Sardasht dam in Khozestan province]. JES. 2010. 67-70 (Persian)
3. Matalucci Rudolph V. Risk Assessment Methodology for Dams (RAM-D), Proseeding of thanagement, 23-28, San Juan, Pueto Rico, USA. 2002.
4. Heller S. Managing industrial risk-Having a tested and proven system to prevent and assess risk, JHM-E. 2006;130(1-2):58-63.
5. Khosravani H. [Systems use multi-criteria decision making (MADM) and RAM-D model in the evaluation phase of dam construction], Master's thesis, Senior Thesis (Case Study: Lorestan Rudbar Dam). 2011. (Persian)
6. Darvishi S, Malmasi S, Nazary Dust A. [Environmental risk assessment of Khozestan Sidon Dam construction phase using multi-criteria decision], Conference Planning and Environmental




[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

Management 2013. (Persian)
7. Jozi SA, Seyf Sadat SH. [Scroll Upper Dam environmental risk assessment stage operation using a combination of the preliminary risk analysis techniques and EFMEA], JES. 2014. (Persian).
8. Bowles D. [Portfolio Risk Assessment (PRA): A tool for dam safety risk management], proceedings of the USCOLD Annual lecture, Buffalo, New York. 1998.
9. Tamavan Consulting Engineers. [Environmental Study Report Pavehroud Dam]. 2000. (Persian)
10. Sarmad Z, Bazargan A, Hejazi E. [Research methods in the behavioral sciences]. Agah, Tehran, 2011. (Persian)
11. Mohammad Fam I. [Safety analysis techniques, a preliminary analysis of risk], Fan Avaran Publications. 2001. (Persian)
12. Halvani GHH, Zare M. [System Safety Engineering and Risk Management], Sobhan Publications, 1998. (Persian)
13. Jozi SA. [Assessment and Risk Management], Islamic Azad University, North Tehran Branch. 2001. (Persian)
14. Lolachi M. [TOPSIS algorithm to select the best depot repair centers], Maintenance Conference. 1997. (Persian)

[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]

# Assessing environmental risk caused by Zanjan's Paverood dam in its construction stage using a combination of TOPSIS and RAM-D

***Sahar Rezaian**, Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Science, Islamic Azad University, Shahrood Branch, Iran (*Corresponding author). rezaian@yahoo.com
**Seyed Ali Jozi**, Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Technical & Engineering, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran. ajozi@yahoo.com
**Sadaf Ataee**, MSc of Environmental Assessment, Islamic Azad University, science and Research Branch, Tehran, Iran. sadaf_ataee@yahoo.com

## Abstract

**Background**: The aim of this study was to investigate through the environmental risks in which Paverood Dam causes in its constructions stage.

**Methods**: After collecting the information related to the environmental conditions of the under study area and the technical conditions of the dam during its construction stage, a list of the possible risk factors were prepared and combined into a questionnaire and presented to a group of professionals including elites and professors with relevant field of study in dam civil engineering. The number of samples was determined on the basis of Cochran's formula. First, the samples were asked to score the risks present in the area as in Likert type scale form. The given scores were analyzed through PHA and TOPSIS methods to prioritize the identified risks of Paverood.

**Results**: RAM-D method was used to assess the risks; accordingly, the effect on Sorkhabad conservatory with score 9, erosion with score of 6 and working in heights and danger of earthquake with score of 3 were identified as the most crucial risks of Paverood Dam.

**Conclusion**: Environmental management plans are essential to decrease environmental risk factors of the dam in its construction phase; therefore, the risk decreasing procedures are suggested at the end for the purposes of dealing with the identified risks.

**Keywords**: Environmental risk assessment, Dam, TOPSIS method, RAM-D method, PHA method

[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-10-09 ]