ارزیابی ریسک تهدیدها و بلایا به روش RAMCAP و ارائه راهکارهای کنترلی (مطالعه موردی: سد مخزنی بالارود)

چکیده

در اثر وقوع انواع تهدیدات چه طبیعی و چه انسان ساخت، خسارت فراوانی ممکن است به زیرساخت‌های کشور وارد شود. یکی از این زیرساخت‌های حیاتی، سد است. ایمنی سد در صنعت سدسازی از مهم ترین مسائل در هنگام طراحی، ساخت و بهره‌برداری به‌شمار می‌رود. هدف از این تحقیق ارزیابی ریسک آسیب‌پذیری تاسیسات سد مخزنی در برابر بلایای طبیعی و انسان‌ساز بود. در این تحقیق به شناسایی و ارزیابی این آسیب‌ها با کمک روش RAMCAP در سد مخزنی بالارود در سال ۱۴۰۳پرداخته شد. ابتدا به ارزیابی دارایی‌ها و تهدیدات خاص مربوط به ساخت و ساز سد پرداخته و در ادامه به ارزیابی شدت آسیب‌پذیری هر یک از تهدیدات احتمالی برای دارایی‌های مشخص شده پرداخته شد و در نهایت با محاسبه عدد ریسک هر یک از دارایی‌ها با استفاده از روش مذکور، دارایی سد مخزنی بالارود از جمع‌آوری تا انتقال به‌عنوان واحدهای آسیب‌پذیر مشخص شدند تا بتوان قبل از وقوع بلایای طبیعی و انسان‌ساز با استفاده از این راهکارها میزان آسیب‌پذیری را کاهش داد. در میانگین ارزیابی ریسک‌ها، ۷ ریسک بالا شامل نیروگاه با ریسک ۵۰۹، کمپ اداری مسکونی با ریسک ۴۷۰ اتاق کنترل نیروگاه با ریسک ۴۳۸، تونل انحراف با ریسک ۴۱۳ ، آبگیر با ریسک ۳۸۲، مخزن سد ۳۷۸، و بچینگ ۳۷۲ با ریسک بالا شناسایی شد. ۷ ریسک متوسط شامل تاور کرین، جرثقیل، تصفیه‌خانه، پمپ دکل، بتن ریز، قالب‌ها و کلید خانه، شناسایی شد. باقی دارایی‌ها در رده ریسک‌هایی پایین قرار داشتند. البته لازم به ذکر است دیزل ژنراتور با ریسک ۱۵۰ در مرز ریسک پایین و متوسط قرار داشت. با توجه به ریسک‌های شناسایی شده در دارایی‌های سد مخزنی بالارود، لزوم آموزش به پرسنل جهت آمادگی قبل و بعد از بحران، ایمن‌سازی تجهیزات و بکارگیری تمهیداتی جهت آمادگی برای مدیریت و کنترل بحران ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: سد مخزنی بالارود، RAMCAP، بلایای طبیعی، ارزیابی ریسک.

علی کاویانی فرد [۱]
کتایون ورشوساز [۱*]

۱. گروه ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
k.varshosaz@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

مقدمه

به‌طور کلی ارزیابی ریسک شامل تحلیل تهدیدات، ارزش دارایی و آسیب‌پذیری برای تعیین درجه ریسک هر کدام از دارایی‌های مهم در مقابل تهدیدات بالفعل می‌باشد (Kure *et al.,* 2022; Fenz *et al.,* 2014). بر خلاف حوادث طبیعی که ناشی از عدم تدبیر انسان در برابر عوامل طبیعی ایجاد می‌گردد و در واقع ناشی از دشمنی طبیعت نیست، دشمن به‌طور پیوسته در حال ارزیابی، برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از ضعیف‌ترین نقاط زیرساخت است (Gray, 2014; Somasundaram, 2014). در جنگ‌های نسل جدید، انهدام زیرساخت‌های حیاتی، حساس و مهم کشور در اولویت نخست اهداف تهاجم قرار دارد (Aljohani, 2022). از این رو سامانه‌های تأمین و انتقال آب نقش به‌سزایی در ادامه حیات جامعه دارند و با توجه به شرایط فزآینده تهدیدات در دنیای کنونی، کشورهای مختلف نسبت به اعمال اصول و ملاحظات پدافند غیر عامل و مدیریت بحران در طراحی و ساخت این زیرساخت‌های بسیار پر اهمیت گام‌های اساسی را دنبال کرده‌اند (Martin and Johansen, 2019). دیربازی است که لزوم توجه علمی و توام با برنامه‌ریزی به ابعاد گسترده پدافند غیرعامل در کشور به‌طور جدی احساس می‌شود (Veit, 2022; Overy, 2020). پدافند غیرعامل مجموعه اقدام‌های غیرمسلحانه‌ای است که موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقاء پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدها و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

اقدامات نظامی دشمن می‌شود (Corn, 2017). آب حیاتی‌ترین نیاز انسان است. برخی معتقدند که جنگ‌های آینده و خشونت‌های مدنی و اجتماعی عمدتاً از کمبود منابع آب و مواد غذایی ناشی خواهد شد (Olumba *et al.,* 2022). کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل معتقد است: بحران آب در دنیا یک بحران حکمرانی است نه بحران کمیابی آب (Fonjong and Fokum, 2017). در سال ۱۹۹۵ نایب رییس بانک جهانی نیز اعلام داشت که جنگ‌های آینده بر سر آب خواهد بود، نه نفت (Swain, 2001).

تأمین آب سالم، انتقال آن، تصفیه و نهایتاً توزیع آن فرآیند بسیار دقیقی است که اخلال در آن موجب اخلال قابل توجه در زندگی مردم و نهایتاً بروز بحران می‌گردد (Mehta *et al.,* 2022). از این رو سامانه‌های تأمین و انتقال آب نقش بسزایی در ادامه حیات جامعه دارند و با توجه به شرایط فزاینده تهدیدات در دنیای کنونی، کشورهای مختلف نسبت به اعمال اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در طراحی و ساخت این زیرساخت‌ها گام‌های اساسی را دنبال کرده‌اند (Balali *et al.,* 2020). بررسی روش‌های رایج ارزیابی ریسک تهدیدات به شناخت و انتخاب روش مناسب کمک می‌کند (Heino *et al*., 2022). یک روش مناسب ارزیابی ریسک باید دارای ویژگی‌های جامعیت، نگرش چندوجهی و ساختارمند بودن باشد (Kumar *et al.,*2022). جامعیت به این مفهوم است که مطالعات کل پارامترهای تأثیرگذار و جزئیات آن را شامل شود (Trebilcock *et al.,* 2022). نگرش چندوجهی به معنی بررسی ریسک از مناظر و تخصص‌های گوناگون برای کشف امکان وقوع هر نوع تهدید است و در نهایت مطالعه‌ای ساختارمند است که قابل بررسی، بازنگری و اصلاح باشد (Sharifi, 2020). مقایسه نظریه‌ها، تجارب و ابزارهای مورد نیاز برای تدوین یک روش خاص ارزیابی ریسک، زمانی حاصل خواهد شد که روش‌های مطرح موجود در جهان مورد بررسی قرار گیرد (Lyytinen *et al.,* 1998). در اثر وقوع انواع تهدیدات چه طبیعی و چه انسان‌ساخت، خسارت فراوانی ممکن است به زیرساخت‌های کشور وارد شود (Stewart *et al.,* 2006). یکی از این زیرساخت‌های حیاتی، سد است. ایمنی سد در صنعت سدسازی از مهم‌ترین مسائل در هنگام طراحی، ساخت و بهره‌برداری به‌شمار می‌رود (SCHLEISS, 2018). امروزه استفاده از فنون ارزیابی کمی ریسک در مدیریت ایمنی سدها (به ویژه در کشورهای توسعه یافته)، به سرعت در حال گسترش است (Jiskani *et al.,* 2022). اما این رویکرد جدید به مهندسی سد و ایمنی در ایران همچنان ناشناخته بوده و تحقیقات محدودی در این زمینه انجام شده است (Azad, 2017). امروزه تاسیسات موجود در ساخت و ساز سد از ابتدا تا بهره‌برداری و نگهداری از اهمیت بالایی برخوردار است (Cacciuttolo and Atencio, 2022). شناسایی و ارزیابی خطرات و بلایایی آسیب‌رسان به این تاسیسات می‌تواند در رسیدن به اهداف و استانداردهای ایمنی، که در وزارت نیرو تدوین شده است، بسیار حائز اهمیت است (Stephans, 2022). پذیرش این گسترش بدون در نظر گرفتن تمهیدات لازم به منظور تأمین ایمنی مناسب در این تاسیسات قابل قبول نیست. این نکته برای سدها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

پدافند غیرعامل بدون ارزیابی دقیق ریسک‌ها نمی‌تواند به اهداف خود دست یابد. روش RAMCAP با ارائه یک چارچوب استاندارد، به کشورها و سازمان‌ها کمک می‌کند تا با کمترین هزینه، بیشترین مقاومت را در برابر تهدیدات ایجاد کنند. با به‌کارگیری این روش، می‌توان از زیرساخت‌های حیاتی محافظت کرد، تاب‌آوری ملی را افزایش داد و در نهایت، امنیت پایدار را تضمین نمود.

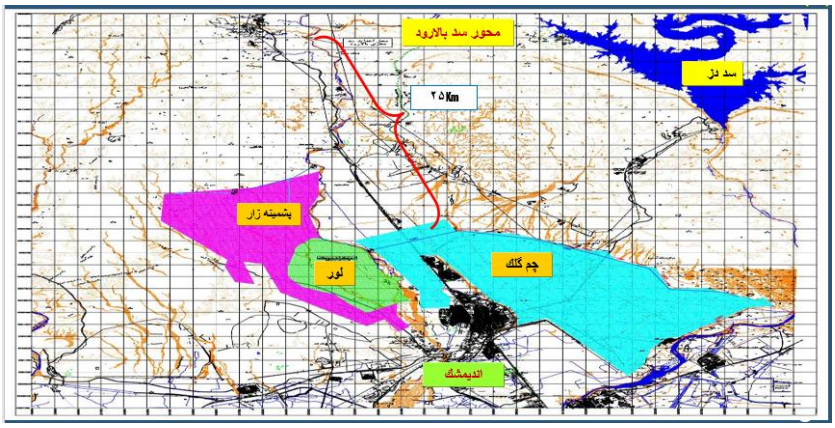
در این تحقیق به شناسایی و ارزیابی این آسیب‌ها با کمک روش RAMCAP در سد مخزنی بالارود پرداخته شد. ابتدا به ارزیابی دارایی‌ها و تهدیدات خاص مربوط به ساخت و ساز سد پرداخته و در ادامه به ارزیابی شدت آسیب‌پذیری هر یک از تهدیدات احتمالی برای دارایی‌های مشخص شده پرداخته شد و در نهایت با محاسبه عدد ریسک هر یک از دارایی‌ها با استفاده از روش مذکور، دارایی سد مخزنی بالارود از جمع‌آوری تا انتقال به‌عنوان واحدهای آسیب‌پذیر مشخص شدند تا بتوان قبل از وقوع بلایای طبیعی و انسان‌ساز با استفاده از این راهکارها میزان آسیب‌پذیری را کاهش داد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

سد مخزنی بالارود (جاذبه طبیعی) در خوزستان، شهرستان اندیمشک، بخش الوار گرمسیری واقع شده است (شکل ۱). ظرفیت مخزن این سد ۱۳۱ میلیون متر مکعب است که نیاز آبی بیش از ۱۲ هزار هکتار از اراضی پایین دست سد را در آینده تأمین خواهد کرد. اجرای این طرح تا کنون بیش از ۱۲۰۰ میلیارد ریال از محل اعتبارات جاری، درآمد عمومی و اوراق مشارکت هزینه در بر داشته و برای تکمیل آن به رقمی حدود ۱۶۰۰ میلیارد ریال اعتبار نیاز است. این سد دارای یک هزار و ۵۰ متر طول تاج، ۱۰ متر عرض تاج و ۸۴ متر ارتفاع است. سد مخزنی بالارود توسط سازمان آب و برق خوزستان روی رودخانه بالارود در ۲۷ کیلومتری شمال شهرستان اندیمشک (منطقه الوار گرمسیری) در حال احداث است. محدوده پروژه، در استان خوزستان و در فاصله ۲۷ کیلومتری شمال شهرستان اندیمشک قرار دارد. دسترسی به محدوده طرح از طریق جاده آسفالته اندیمشک به خرم آباد امکانپذیر است. تقریباً در کیلومتر ۲۵ این جاده و در ابتدای شهر حسینیه، جاده فرعی منشعب می‌شود که به سمت شرق امتداد یافته و به کارگاه منتهی می‌گردد.



شکل ۱: موقعیت اراضی محدوده طرح

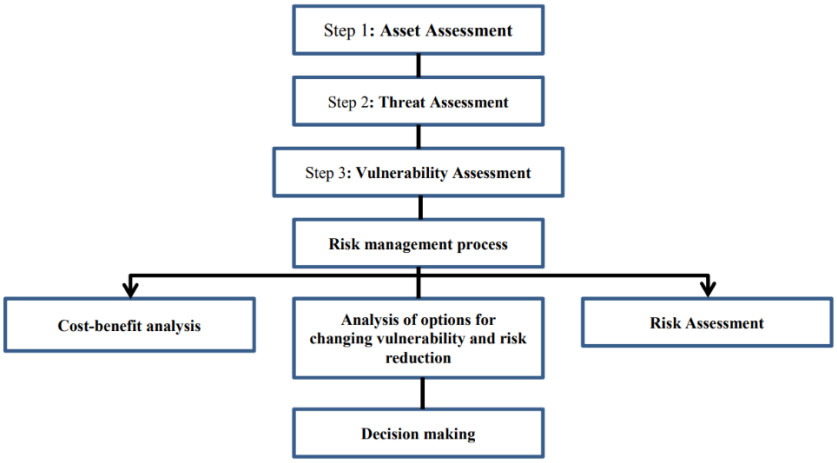
شکل ۲: موقعیت احداث سد و کمپ سد مخزنی بالارود

روش کار

در این تحقیق با روش گام به گام ارزیابی ریسک رمکپ، دارایی‌ها، تهدیدات و شاخص‌های آسیب‌پذیری زیرساخت‌های سدمخزنی بالارود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این تحقیق از نوع کاربردی و با روش توصیفی می‌باشد. روش تجزیه و تحلیل در این تحقیق، کیفی است که مبتنی بر یافته‌های تحقیق انجام پذیرفته است. ابزار جمع‌آوری داده‌ها بررسی متون، مطالعات کتابخانه‌ای و اینترنتی، مصاحبه، پرسش‌نامه و مطالعات میدانی بود (شکل ۳).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

تفاوت این روش با سایر روش‌های ارزیابی ریسک این است که باید با ارزیابی تهدیدات در سامانه آبرسانی، نقاط آسیب‌پذیر شناسایی شود و با شناخت این نقاط راهکارهایی به‌منظور آسیب‌پذیری ارائه شود. در این تحقیق ابتدا به ارزیابی دارایی‌ها و تهدیدات خاص مربوط به سامانه آبرسانی و در ادامه به ارزیابی شدت آسیب‌پذیری هر یک از تهدیدات احتمالی برای دارایی‌های مشخص شده پرداخته شد و در نهایت با محاسبه عدد ریسک هر یک از دارایی‌ها با استفاده از روش رمکپ، دارایی سدها، مخازن به همراه ایستگاه پمپاژ، تصفیه‌خانه‌ها و چاه‌ها به‌عنوان واحدهای آسیب‌پذیر مشخص شدند تا بتوان قبل از وقوع بحران با استفاده از این راهکارها میزان آسیب‌پذیری را کاهش داد.



شکل ۳: مدل تحقیق

حجم نمونه در این مطالعه اطلاعات و حوادث مربوط به ۳ سال اخیر در تمامی تاسیسات سد است.

مراحل مختلف ارزیابی ریسک با الگوی رمپ :

گام اول: ارزیابی ارزش دارایی‌ها

گام دوم: شناسایی و رتبه‌بندی تهدیدات

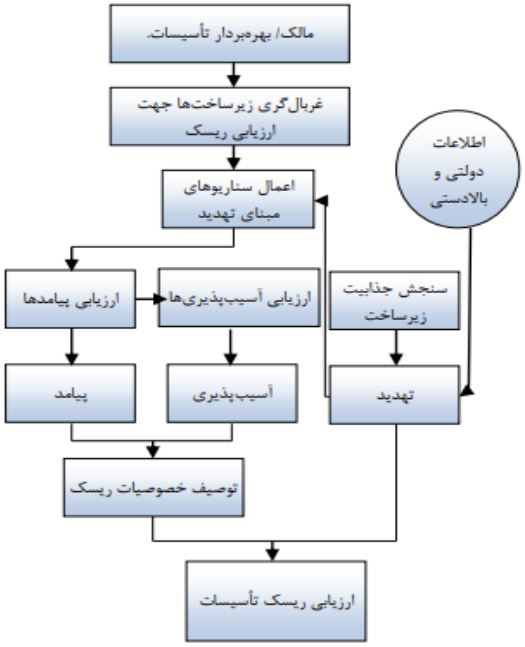
گام سوم: ارزیابی آسیب‌پذیری

گام چهارم: ارزیابی ریسک

گام پنجم: محاسبه میزان ریسک

RAMCAP روشی است که چارچوبی برای شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک برای تجهیزات و دارایی‌های زیرساخت‌های حیاتی در برابر تهدیدات تروریستی ارائه می‌دهد. این روش در پاسخ به پیشنهاد کنفرانس سال ۲۸۸۲ کاخ سفید که در آن بیش از ۶۸۸ مقام ارشد اجرایی از بخش‌های مختلف حضور داشتند و حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی ملی را مورد توجه قرار دادند، معرفی گردید. مهم‌ترین اولویت مقام‌های اجرایی تهیه یک روش عینی، اصولی و جامع برای ارزیابی و کاهش ریسک زیرساخت‌ها بود. بعدها این روش برای تأسیسات مختلف از جمله نیروگاه‌های هسته‌ای، مراکز انتقال و ذخیره‌سازی پسماندهای هسته‌ای، صنایع تولید مواد شیمیایی، پالایشگاه‌های نفت و تأسیسات پتروشیمی، پایانه‌ها و محل‌های بارگیری گاز مایع طبیعی، سدها و سامانه‌های آب و فاضلاب توسعه داده شد. در شکل ۴ فرآیند اجرا در روش RAMCAP آمده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]



شکل ۴: فرآیند گردش داده‌ها در روش RAMCAP

در روش RAMCAP ریسک از برآیند احتمال وقوع تهدید، آسیب‌پذیری و پیامد به‌دست می‌آید (C×V×T=R) ریسک (R) پتانسیل ایجاد صدمه و خسارت در پی یک وقوع یک تهدید و پیامدهای ناشی از آن است (Bridgelall, 2022). تهدید (T) هرگونه نشانه و شرایطی است که پتانسیل ایجاد آسیب و خسارت به دارایی یا تأسیسات را دارا است. در مورد تروریسم، تهدید براساس تجزیه و تحلیل قصد و توانایی تروریست برای اجرای اقدامات خصمانه علیه دارایی‌ها، تأسیسات و یا افراد به دست می‌آید. آسیب‌پذیری (V) هرگونه ضعف در طراحی، اجرا و یا فعالیت یک دارایی است که بتواند از سوی دشمن مورد سوء استفاده قرار گیرد. پیامد (C) نتیجه وقوع یک حادثه از جمله اثرات کوتاه مدت، میان‌مدت و بلندمدت و نیز اثرات مستقیم و غیر مستقیم ناشی از آن است و می‌تواند شامل مرگ و میر و جراحت‌های انسانی، خسارت‌های اقتصادی و مالی و تأثیرات محیط زیستی باشد. به‌طور کلی روش RAMCAP مشتمل بر هفت گام زیر می‌باشد (Brashear *et al.*, 2007):

-توصیف مشخصات دارایی‌ها و انتخاب آنها

–توصیف مشخصات تهدیدات مبتنی بر وضعیت جاری

– تحلیل پیامدها (ملاحظه هزینه‌های مالی، تلفات و آسیب‌ها)

– تحلیل آسیب‌پذیری‌ها (تعیین نقاط ضعف موجود در مقابل یک تهدید)

-ارزیابی تهدیدات براساس ارزیابی قابلیت‌ها و نیات دشمن

-ارزیابی ریسک (یک ارزیابی جامع و سیستماتیک از کلیه سناریوهای تهدیدات محتمل در هر دارایی)

- مدیریت ریسک (فرآیند فهم ریسک و تصمیم‌گیری به منظور پیاده‌سازی عملیات کاهش سطح ریسک به یک مقدار قابل قبول)

فرمول نهایی روش محاسبه RAMCAP به این شرح است: **مقدار ریسک= تهدید × ارزش دارایی‌ها × آسیب‌پذیری**

نتایج

در مطالعه حاضر جهت ارزیابی ریسک به روش RCAMP شاخص‌های مورد نیاز بررسی شد. این شاخص‌ها شامل ارزش دارایی، شناسایی تهدید و میزان آسیب‌پذیری بود.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

شاخص اقتصادی

به منظور ارزیابی دارایی‌ها سه معیار در نظر گرفته شد و به هر یک از دارایی‌ها بر اساس این معیارها امتیازدهی شد تا ارزش اقتصای آنها برای ارزیابی ریسک محاسبه گردد. این معیارها شامل موارد زیر بود.

الف) ارزش اقتصادی. منظور از این معیار ارزش ریالی تاسیسات می‌باشد. که از یک تا ۱۰ امتیاز دهی شدند.

ب) ارزش عملکردی. به این معنی است که اگر یک دارایی از بین برود، چه تاثیری در عملکرد سیستم خواهد داشت. این معیار نیز از یک تا ۱۰ امتیاز دهی شد.

ج) منحصر به فرد بودن. در این معیار هدف تعیین ارزش جایگزینی و منحصر به فرد بودن یک دارایی است، به این معنی که یک دارایی در اثر وقوع تهدید دچار آسیب دیدگی می‌شود، برای تعمیر و حتی جایگزینی آن چه مشکلاتی وجود دارد. که از یک تا ۱۰ ارزش‌گذاری شد. در جدول ۱ این دارایی‌ها ارزش‌گذاری و از میانگین آنها ضریب نهایی اقتصادی آنها مشخص شد.

جدول ۱: ارزش اقتصادی دارایی‌های سد مخزنی بالارود

ناو واحد و تجهیزات	ارزش اقتصادی	ارزش عملکردی	منحصر به فرد بودن	ارزش نهایی
تاور کرین	۵	۶	۸	۳.۶
خودرو سنگین	۴	۶	۳	۳.۴
خودرو سبک	۴	۴	۳	۷.۳
دستگاه‌های جوشکاری	۲	۴	۳	۰.۳
داربست	۲	۴	۳	۰.۳
مجموعه اره‌ها	۲	۴	۳	۰.۳
دستگاه خم میلگرد	۲	۴	۳	۰.۳
سنگ فرز	۲	۴	۳	۰.۳
جرثقیل	۴	۶	۴	۷.۴
دیزل ژنراتور	۵	۷	۵	۷.۵
چکش برقی	۲	۵	۳	۳.۳
تصفیه خانه	۱۰	۸	۷	۳.۸
بچینگ	۸	۸	۶	۳.۷
پمپ دکل	۴	۵	۴	۳.۴
تجهیزات نجاری	۲	۴	۳	۰.۳
بتن ریز	۵	۶	۵	۳.۵
قالب‌ها	۵	۶	۶	۷.۵
نیروگاه	۱۰	۱۰	۸	۳.۹
مخزن سد	۶	۹	۹	۰.۸
تونل انحراف	۵	۷	۹	۰.۷
کلید خانه	۵	۷	۵	۷.۵
کمپ اداری – مسکونی	۸	۶	۶	۷.۶
آبگیر	۵	۷	۹	۰.۷
اتاق کنترل نیروگاه	۸	۹	۸	۳.۸

شناسایی تهدید

در ادامه معیار شناسایی تهدید بر اساس نوع تهدید مورد بررسی قرار گرفت. در این تهدید نیز از یک تا ۱۰ به هر یک از تجهیزات امتیازدهی شد. در این بخش شدت تهدید بر تجهیزات مورد نظر است. این تهدیدات بر اساس تهدیدات طبیعی دسته‌بندی و امتیازدهی شد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

آسیب‌پذیری

در این قسمت میزان آسیب‌پذیری ناشی از یک تهدید برای هر یک از تجهیزات مورد بررسی قرار گرفت. هر چه میزان آسیب‌پذیری بیشتر باشد به همان اندازه میزان ریسک خطر برای تجهیزات بالاتر است. این مقدار با توجه به نوع تهدید نیز متفاوت است که امتیازی از بین یک تا ۱۰ می‌گیرد. ممکن است در یک تهدید تجهیزاتی قابلیت آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به تهدید دیگر داشته باشد.

تهدیدات

زلزله

زلزله در هر کارگاه یکی از شرایط اضطراری محتمل با طبعات خسارتی جانی و مالی بسیار زیاد است که بایستی برای برای مقابله با آن حتماً اقدامات لازم را انجام شود. سازه اصلی کارگاه سد مخزنی بالارود در برابر زلزله مقاوم ، بدنه سد آن نیز خاکی با هسته رس بوده و زلزله معمولاً بر آن بی‌اثر است. قابل ذکر است در زمان بروز زلزله بخش‌هایی می توانند بیشترین آسیب‌ها را داشته باشند که به این شرح هستند:
تاورکرین‌های مجموعه، مخازن بچینگ و مخازن سوخت، انبار، کمپ‌های کارشناسی و کارگری، کانکس‌های اداری، ابزار موجود در لبه پرتگاه‌ها (بزرگ و کوچک).

شناسایی تهدیدات، حالت‌های بروز حادثه، پیامدهای خاص محتمل در پروژه

در خصوص حوادثی مانند سقوط تاورکرین و در سناریوهای مربوط به حوادث طبیعی توضیح داده خواهد شد. در این قسمت بیشتر سعی می‌شود در خصوص الباقی خطرات موجود صحبت شود و نوع رفتار در زمان بروز دو مورد یاد شده طبق سناریوهای خود همین مطالب خواهد بود (جدول ۲).

جدول ۲: تهدیدات و حوادث پیش‌بینی شده در هنگام بلایا

تهدیدات	حالت‌های مختلف بروز حادثه	پیامدهای خاص محتمل در پروژه
تخریب اماکن غیر سازه‌ای موقت که در خصوص آنها بحث طراحی در برابر زلزله محاسبه و اعمال نشده	تخریب اماکن خالی از نفرات	خسارت‌های مالی سبک به سنگین در حالت‌های مختلف بدون خسارت جانی
		خسارت مالی سبک به سنگین به‌همراه احتمال جراحت یا شکستگی و نقص عضو و مرگ نفرات و یا حتی ماندن افراد زیر آوار
	تخریب اماکن دارای نفرات	
سقوط دستگاه تاورکرین	واژگونی تاورکرین بدون حادثه جانی	در خوشبینانه‌ترین حالت سقوط تاورکرین بیرون بدون خسارت جانی
	واژگونی تاورکرین به‌همراه حوادث جانی	سقوط تاورکرین به‌همراه تخریب شدید و آسیب‌های جانی
سقوط ابزار و مصالح بر سر افراد	سقوط ابزار و مصالح بر سر افرادی که در اطراف سازه حضور دارند	بروز خسارات مالی به طبع نوع حادثه با دامنه کم تا زیاد به علاوه از دست رفتن جان یک یا چند نفر و ایجاد خسارات جانی
سقوط ابزار و مصالح بر روی دستگاه‌ها و ماشین آلات و خودروهای داخل و اطراف پروژه	سقوط ابزار و مصالح بر روی دستگاه‌ها بدون حادثه جانی	بروز خسارات مالی به طبع نوع حادثه با دامنه کم تا زیاد
	سقوط ابزار و مصالح بروی سر افراد و یا روی سر خودروهایی که در حال تردد اند و افرادی در داخل آنها هستند	خسارات مالی سبک تا شدید به‌همراه جراحت برای افرادی که راخل خودرو و یا عابر پیاده هستند
حریق‌های گسترده بر اثر اتصالی برق و یا...	بروز حریق کوچک یا بزرگ در کارگاه به طبع قطع شدن برق و یا اتصالی آن و یا شکستن لوله‌های گاز و ...	بروز خسارات مالی در صورتی که فقط اموال آتش گرفته باشد
		بروز خسارات مالی و جانی در صورتی‌که این اتفاق زمانی بیافتد که هر اموال و افراد حادثه ببینند

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

واژگون شدن اجسام تعادلی ایستاده در کارگاه مانند مخازن سوخت و بچینگ و ...	سقوط اجسامی بزرگ یا کوچک که در لبه پرتگاه‌ها و ... هستند	خسارات مالی
		خسارات مالی و جانی
	سقوط اجسام فیکس شد تعادلی مانند مخازن سیمان بچینگ	خسارات مالی
		خسارات مالی و جانی
مصدوم شدن افراد در زمان خروج اضطراری	گیر کردن افراد در زیر دست و پای یکدیگر در زمان تخلیه اضطراری و بروز حوادث جانی خفیف تا سنگین	شکسته شدن دست و پای افراد و زخمی شدن ایشان و یا حتی مرگ شخص در صورت بد شانسی
اسکان افراد در بیرون کارگاه	خطرات روبرویی با سرما در زمانی که زلزله اتفاق بیافتد و افراد بعد از خروج از پروژه مجبور باشند در سرمای شدید بیرون از کارگاه باشند.	نبودن محل اسکان و تأمین گرمای مورد نیاز و طبعات آن

محدوده ریسک در جدول ۳ و ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر زلزله در جدول ۴ قرار گرفته است.

جدول ۳: محدوده ریسک.

High RISK	Medium RISK	Low RISK	
۳۰۱<	۳۰۰–۱۵۱	۱۵۰–۰	مقدار ریسک

جدول ۴: ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر زلزله

ناو واحد و تجهیزات	تهدید	آسیب‌پذیری	ارزش اقتصادی	مقدار ریسک نهایی
تاورکرین	۳	۲	۳/۶	۳۸
خودرو سنگین	۲	۲	۳/۴	۱۷
خودرو سبک	۲	۲	۷/۳	۱۵
دستگاه‌های جوشکاری	۱	۱	۰/۳	۳
داربست	۱	۱	۰/۳	۳
مجموعه اره‌ها	۱	۱	۰/۳	۳
دستگاه خم میلگرد	۱	۱	۰/۳	۳
سنگ فرز	۱	۱	۰/۳	۳
جرثقیل	۳	۳	۷/۴	۴۲
دیزل ژنراتور	۴	۴	۷/۵	۹۱
چکش برقی	۱	۱	۳/۳	۳
تصفیه خانه	۷	۷	۸/۳	۴۰۸
بچینگ	۵	۷	۳/۷	۲۵۷
پمپ دکل	۳	۵	۳/۴	۶۵
تجهیزات نجاری	۱	۱	۰/۳	۳
بتن ریز	۲	۳	۳/۵	۳۲
قالب‌ها	۲	۳	۷/۵	۳۴
نیروگاه	۱۰	۸	۳/۹	۷۴۷
مخزن سد	۱۰	۸	۰/۸	۶۴۰
تونل انحراف	۱۰	۹	۰/۷	۶۳۰
کلید خانه	۵	۶	۷/۵	۱۷۰
کمپ اداری – مسکونی	۹	۸	۷/۶	۴۸۰
آبگیر	۸	۹	۰/۷	۵۰۴
اتاق کنترل نیروگاه	۹	۸	۳/۸	۶۰۰

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

با توجه به نتایج ارزیابی ریسک در برابر زلزله نیروگاه، مخزن سد، تونل انحراف، اتاق کنترل نیروگاه و آبگیر سد از جمله تجهیزاتی هستند که بیشترین ریسک را در برابر زلزله خواهند داشت. در نهایت ۷ تجهیزات با ریسک بالا شناسایی شدند.

باران شدید و سیل

بارش شدید باران با توجه به سابقه چهار سال گذشته یکی دیگر از محتمل‌ترین شرایط اضطراری پروژه سد مخزنی بالارود است. در خصوص بارش شدید باران این محوطه‌ها در معرض خطر قرار می‌گیرند (جدول ۵):

- جبهه‌های کاری حفاری شده و جبه‌هایی که در معرض آب گرفتگی و سیلاب قرار دارند
- جبهه‌های کاری دارای دستگاه‌های خم و برش
- اتاق‌های اسکان کارگران و واحد اجراء و کانکس‌های نگهبانی
- ماشین آلات پارک شده موجود در پارکینگ ماشین آلات
- آب گرفتگی شدید در حوضچه آرامش و قسمت‌های مختلف کارگاه در به‌عنوان مثال کانال و حوضچه آرامش بند انحرافی بادین آباد
- تاورکرین‌های مجموعه کارگاه

جدول ۵: تهدیدات، حالت‌های بروز بحران بارش شدید باران پیامدهای خاص محتمل در پروژه

تهدیدات		حالت‌های مختلف	پیامده های خاص محتمل در پروژه	
بارش شدید باران	رعد و برق	برخورد رعد و برق احتمالی به دستگاه‌های تاورکرین و یا قسمت‌های دیگر فلزی کارگاه	خسارت مالی	مختل کردن کار دستگاه و سوزاندن وسیله‌های برقی
		اصابت صاعقه به افراد	خسارت جانی	برق گرفتگی یا برخورد صاعقه با فرد
	خطرات برقی	اتصال دستگاه‌های برقی و خراب شدن دستگاه‌ها و برق گرفتگی افراد	خسارت مالی	از مدار خارج شدن دستگاه‌ها
		اتصال برق و برق گرفتگی افراد	خسارت جانی	برق گرفتگی افراد
	خطرات انسانی	سقوط از ارتفاع	سقوط شخصی که در حال کار در جبه‌های کاری در ارتفاع می‌باشد	
		زمین خوردن افراد در حال تردد	زمین خوردن افراد در زمان تردد از مسیرها و نردبان‌ها	
	آب گرفتگی	مسدود کردن مسیر تردد	ابراز نارضایتی افراد و خیس شدن کفش‌ها	
		جلوگیری از ادامه کار	پر شدن جبهه‌های کاری از آب و جلوگیری از ادامه کار	
		آسیب به وسایل اتاق‌های کارگری	نشت آب به اتاق‌های کارگری و آسیب به مواد	

بررسی نقاط ضعف آسیب‌پذیری پروژه در خصوص موضوع بحران در محدوده‌های متفاوت کارگاه سد مخزنی بالارود

در خصوص نقاط ضعف موجود در این کارگاه در مورد بحث بارش شدید باران به شرح ذیل توضیح داده می‌شود (جدول ۶):

۱. در خصوص برخورد صاعقه و خطرات برق باتوجه به عدم وجود سیستم ارت می‌تواند برای پروژه خطرات بالای داشته و اپراتور آن در معرض خطر باشد.

۲. آب‌گرفتگی و ایجاد مسیری جهت تخلیه آب در تمام محیط‌های کارگاه به خصوص در محوطه‌هایی مانند شاپ خم و برش، تعمیرگاه، خوابگاه بادین آباد، حوضچه آرامش و کانکس‌های نگهبانی یکی دیگر از راهکارهای این واحد است که می‌تواند در زمان بارش باران مشکلاتی را رفع کرده باشد.

۳. سومین نقطه ضعف مورد اصرار به کار در زمان بارندگی می‌باشد که در زمان بارش باران با نظارت و هدایت افراد در حال کار خصوصاً کار در ارتفاع و عملیات بتن‌ریزی و فعالیت کامیون‌ها روی لایه رس مشکل‌ساز خواهد شد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

جدول ۶- ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر بارش شدید باران و سیل

ناو واحد و تجهیزات	تهدید	آسیب‌پذیری	ارزش اقتصادی	مقدار ریسک نهایی
تاورکرین	۹	۷	۳/۶	۳۹۹
خودرو سنگین	۸	۶	۳/۴	۲۰۸
خودرو سبک	۸	۶	۷/۳	۱۷۶
دستگاه‌های جوشکاری	۴	۳	۰/۳	۳۶
داربست	۴	۳	۰/۳	۳۶
مجموعه اره‌ها	۴	۳	۰/۳	۳۶
دستگاه خم میلگرد	۴	۳	۰/۳	۳۶
سنگ فرز	۴	۳	۰/۳	۳۶
جرثقیل	۸	۷	۷/۴	۲۶۱
دیزل ژنراتور	۴	۳	۷/۵	۶۸
چکش برقی	۴	۳	۳/۳	۴۰
تصفیه خانه	۵	۵	۸/۳	۲۰۸
بچینگ	۸	۷	۳/۷	۴۱۱
پمپ دکل	۶	۵	۳/۴	۱۳۰
تجهیزات نجاری	۳	۳	۰/۳	۲۷
بتن ریز	۸	۷	۳/۵	۲۹۹
قالب‌ها	۴	۳	۵/۷	۶۸
نیروگاه	۷	۶	۳/۹	۳۹۲
مخزن سد	۵	۵	۰/۸	۲۰۰
تونل انحراف	۹	۹	۰/۷	۵۶۷
کلید خانه	۵	۶	۷/۵	۱۷۰
کمپ اداری - مسکونی	۹	۹	۷/۶	۵۴۰
آبگیر	۹	۹	۰/۷	۵۶۷
اتاق کنترل نیروگاه	۷	۶	۳/۸	۳۵۰

در بررسی ریسک در برابر بارش شدید باران تونل انحراف، آبگیر، کمپ اداری و تاورکرین بیشترین ریسک را دارارا بودند.

حریق گسترده

با توجه به قرارگیری نقاط مختلف با ریسک‌های متفاوت در کارگاه احتمال حریق در این قسمت‌ها که در جدول ذیل ثبت درجه‌بندی شده بسیار بالا بوده و نیاز است بررسی کاملی در خصوص آن صورت پذیرند و اقدامات لازم خاص پروژه جهت آمادگی با شرایط اضطراری انجام گیرد (جدول ۷).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

جدول ۷: تهدیدات، حالت‌های بروز حادثه و پیامدهای خاص محتمل در پروژه در مواقع حریق

تهدیدات	حالت‌های مختلف بروز حادثه	پیامدهای خاص محتمل در پروژه
حریق	حریق در مناطق پرخطر	سوختن اموال به همراه سوختگی افراد در درجات مختلف
		سوختن اموال و خسارت مالی در درجات مختلف
		سوختن باغ و مزرعه کشاورزان اطراف کارگاه با محصولات سال
	حریق در مناطق هشدار	سوختن اموال و خسارت مالی در درجات مختلف با طبعات کمتر نسبت به مناطق پر خطر
		سوختن اموال به همراه سوختگی افراد در درجات مختلف با طبعات کمتر نسبت به مناطق پر خطر
	حریق در مناطق کم خطر	سوختن اموال و خسارت مالی در درجات مختلف با طبعات کمتر نسبت به مناطق پر خطر

برای نقاط ضعف و آسیب پذیری پروژه در خصوص موضوع بحران در محدوده متفاوت کارگاه باتوجه به بررسی‌های انجام شده در خصوص خطر از شرایط اضطراری در پروژه بالارود در خصوص موضوع حریق گسترده موارد زیر به‌عنوان نقاط ضعف قابل بررسی است:

۱. با توجه به اسکان کارگران در در مجاور مشعل گازوییلی در هنگام بروز حادثه در اثر ایجاد انفجار، امدادرسانی را در پیش خواهیم داشت.

۲. عدم استفاده از سیستم گرمایشی شوفاژ که احتمال حریق در کمپ‌های اسکان کارگری را تا حدم زیادی بالا می‌برد و نیز به طبع این موضوع استفاده از المنت‌های برق استاندارد و در مواردی غیراستاندارد و دست‌ساز مزید بر علت است.

۳. با توجه به قرارگیری مخزن گازوییل در سمت انبار مرکزی و عدم ایجاد حوضچه سپتیک تخلیه اضطراری مخزن، احتمال آن بالاست که طی حادثه‌ای بعد از آسیب رسیدن به مخزن گازوئیل آن جاری شده و حریق به سمت انبار رو باز سرایت کند.

۴. با توجه به این موضوع که تمام نقاط دسترسی به انبار بسته نیست و یا کانتینر انبار قدیمی که امکان دسترسی به آن وجود ندارد احتمال آن می‌رود شب هنگام و یا زمانی که پرسنل آن در انبار حضور ندارند حریق و یا از طریق اتصال برق عمدی و یا ... ایجاد شود که در این زمان احتمال مطلع شدن در زمان طلایی از حریق بسیار کم بوده و طبعاً بعد از گسترش حریق مشخص خواهد شد. از این رو نیاز است از سیستم اعلام و اطفای خودکار حریق استفاده شود (جدول ۸).

جدول ۸: ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر حریق گسترده

ناو واحد و تجهیزات	تهدید	آسیب‌پذیری	ارزش اقتصادی	مقدار ریسک نهایی
تاورکرین	۵	۴	۳/۶	۱۲۷
خودرو سنگین	۸	۷	۳/۴	۲۴۳
خودرو سبک	۸	۷	۷/۳	۲۰۵
دستگاه‌های جوشکاری	۴	۴	۰/۳	۴۸
داربست	۴	۴	۰/۳	۴۸
مجموعه اره‌ها	۴	۴	۰/۳	۴۸
دستگاه خم میلگرد	۴	۴	۰/۳	۴۸
سنگ فرز	۴	۴	۰/۳	۴۸
جرثقیل	۸	۶	۷/۴	۲۲۴

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

دیزل ژنراتور	۸	۶	۷/۵	۲۷۲
چکش برقی	۴	۴	۳/۳	۵۳
تصفیه خانه	۴	۵	۸/۳	۱۶۷
بچینگ	۷	۷	۳/۷	۳۵۹
پمپ دکل	۷	۶	۳/۴	۱۸۲
تجهیزات نجاری	۹	۸	۰/۳	۲۱۶
بتن ریز	۸	۷	۳/۵	۲۹۹
قالب‌ها	۷	۷	۷/۵	۲۷۸
نیروگاه	۸	۷	۳/۹	۵۲۳
مخزن سد	۷	۷	۰/۸	۳۹۲
تونل انحراف	۶	۵	۰/۷	۲۱۰
کلید خانه	۷	۶	۷/۵	۲۳۸
کمپ اداری – مسکونی	۹	۹	۷/۶	۵۴۰
آبگیر	۶	۵	۰/۷	۲۱۰
اتاق کنترل نیروگاه	۸	۷	۳/۸	۴۶۷

در بخش حریق گسترده نیروگاه، کمپ اداری و اتاق کنترل نیروگاه ریسک بالایی داشتند. ابزارالات جوشکاری و داربست‌ها و اره‌ها کمترین ریسک را دارا بودند.

طوفان

باد شدید و طوفان یکی از محتمل‌ترین شرایط اضطراری است که در پروژه سد مخزنی بالارود نسبت به تجربه چهار سال گذشته اتفاق افتاده از این رو به دلیل شرایط آب و هوای این منطقه و با توجه به قرارگیری نقاط مختلف با ریسک‌های متفاوت در کارگاه احتمال آسیب به اموال و تجهیزات در هنگام طوفان شدید بسیار بالا بوده و نیاز است بررسی کاملی در این خصوص صورت گرفته و جهت مقابله با شرایط اضطراری و بحرانی پیش روی ناشی از این عامل آمادگی‌های لازم ایجاد شود (جدول ۹).

جدول ۹: تهدیدات، حالت‌های بروز حادثه و پیامدهای خاص محتمل در پروژه در مواقع طوفان

تهدیدات	حالت‌های مختلف بروز حادثه	پیامدهای خاص محتمل در پروژه
طوفان	واژگونی تجهیزات	آسیب به افراد
		واژگونی اموال و خسارت مالی در درجات مختلف به به تجهیزات
		تخریب بخشی پروژه
	منجر به بحران ثانویه	منجر به انفجار و آتش سوزی
		منجر به برق گرفتگی
	از دست رفتن انرژی	آسیب به تجهیزات برق رسانی و یا گاز رسانی
		آسیب به سیستم‌ها انتقال نیرو

برای نقاط ضعف و آسیب پذیری پروژه در خصوص موضوع بحران طوفان در محدوده متفاوت کارگاه با توجه به بررسی‌های انجام شده در خصوص خطر از شرایط اضطراری در پروژه بالارود در خصوص موضوع طوفان موارد زیر به عنوان زیر به‌عنوان نقاط ضعف قابل بررسی می‌باشد (جدول ۱۰).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

۱. با توجه به اسکان کارگران در در مجاور مشعل گازوییلی در هنگام بروز حادثه امکان انفجار و آتش‌سوزی وجود دارد.
۲. با توجه به وجود تجهیزاتی که به‌صورت مکانیکی نصب شده است و نوع پوشش کف زمین، امکان سقوط اجسام و تجهیزات امکان‌پذیر است.
۳. با توجه به نوع سیستم برق رسانی امکان آسیب به این سیستم در صورت سقوط اجسام وجود دارد.

جدول ۱۰: ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر طوفان

ناو واحد و تجهیزات	تهدید	آسیب‌پذیری	ارزش اقتصادی	مقدار ریسک نهایی
تاورکرین	۷	۹	۳/۶	۳۹۹
خودرو سنگین	۴	۴	۳/۴	۶۹
خودرو سبک	۴	۵	۷/۳	۷۳
دستگاه‌های جوشکاری	۲	۲	۰/۳	۱۲
داربست	۲	۲	۰/۳	۱۲
مجموعه اره‌ها	۲	۲	۰/۳	۱۲
دستگاه خم میلگرد	۲	۲	۰/۳	۱۲
سنگ فرز	۲	۲	۰/۳	۱۲
جرثقیل	۵	۵	۷/۴	۱۱۷
دیزل ژنراتور	۶	۵	۷/۵	۱۷۰
چکش برقی	۲	۲	۳/۳	۱۳
تصفیه خانه	۵	۴	۸/۳	۱۶۷
بچینگ	۷	۹	۳/۷	۴۶۲
پمپ دکل	۷	۹	۳/۴	۲۷۳
تجهیزات نجاری	۲	۲	۰/۳	۱۲
بتن ریز	۵	۵	۳/۵	۱۳۳
قالب‌ها	۷	۹	۷/۵	۳۵۷
نیروگاه	۵	۸	۳/۹	۳۷۳
مخزن سد	۵	۷	۰/۸	۲۸۰
تونل انحراف	۵	۷	۰/۷	۲۴۵
کلید خانه	۵	۵	۷/۵	۱۴۲
کمپ اداری – مسکونی	۶	۸	۷/۶	۳۲۰
آبگیر	۵	۷	۰/۷	۲۴۵
اتاق کنترل نیروگاه	۵	۸	۳/۸	۳۳۳

در ادامه در جدول ۱۱ میانگین ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر چهار بحران طبیعی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱: میانگین ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر چهار بحران طبیعی

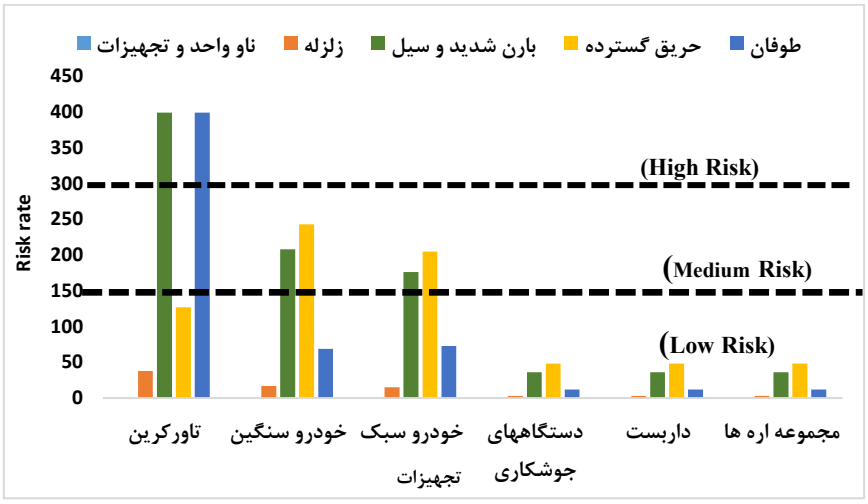
ناو واحد و تجهیزات	زلزله	بارن شدید و سیل	حریق گسترده	طوفان	میانگین ریسک نهایی
تاورکرین	۳۸	۳۹۹	۱۲۷	۳۹۹	۲۴۱
خودرو سنگین	۱۷	۲۰۸	۲۴۳	۶۹	۱۳۴
خودرو سبک	۱۵	۱۷۶	۲۰۵	۷۳	۱۱۷

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

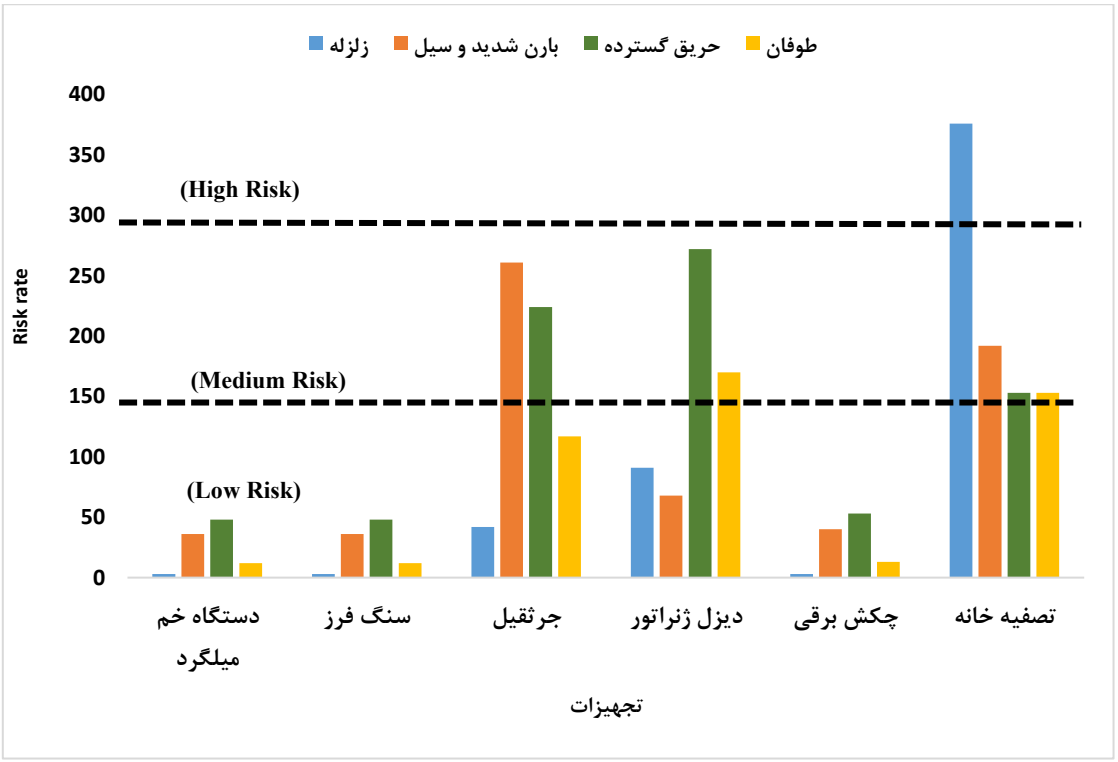
دستگاه‌های جوشکاری	۳	۳۶	۴۸	۱۲	۲۵
داربست	۳	۳۶	۴۸	۱۲	۲۵
مجموعه اره‌ها	۳	۳۶	۴۸	۱۲	۲۵
دستگاه خم میلگرد	۳	۳۶	۴۸	۱۲	۲۵
سنگ فرز	۳	۳۶	۴۸	۱۲	۲۵
جرثقیل	۴۲	۲۶۱	۲۲۴	۱۱۷	۱۶۱
دیزل ژنراتور	۹۱	۶۸	۲۷۲	۱۷۰	۱۵۰
چکش برقی	۳	۴۰	۵۳	۱۳	۲۷
تصفیه خانه	۳۷۶	۱۹۲	۱۵۳	۱۵۳	۲۳۸
بچینگ	۲۲۲	۳۵۵	۳۱۰	۳۹۹	۳۷۲
پمپ دکل	۶۵	۱۳۰	۱۸۲	۲۷۳	۱۶۳
تجهیزات نجاری	۳	۲۷	۲۱۶	۱۲	۶۵
بتن ریز	۳۲	۲۹۹	۲۹۹	۱۳۳	۱۹۱
قالب‌ها	۲۸	۵۶	۲۲۹	۲۹۴	۱۸۴
نیروگاه	۷۴۷	۳۹۲	۵۲۳	۳۷۳	۵۰۹
مخزن سد	۶۴۰	۲۰۰	۳۹۲	۲۸۰	۳۷۸
تونل انحراف	۶۳۰	۵۶۷	۲۱۰	۲۴۵	۴۱۳
کلید خانه	۱۷۰	۱۷۰	۲۳۸	۱۴۲	۱۸۰
کمپ اداری – مسکونی	۴۸۰	۵۴۰	۵۴۰	۳۲۰	۴۷۰
آبگیر	۵۰۴	۵۶۷	۲۱۰	۲۴۵	۳۸۲
اتاق کنترل نیروگاه	۶۰۰	۳۵۰	۴۶۷	۳۳۳	۴۳۸

در میانگین ارزیابی ریسک نیروگاه آسیب‌پذیرترین بعد آن کمپ اداری – مسکونی، اتاق کنترل و تونل انحراف بالاترین ریسک را دارا بودند. در ادامه از شکل ۵ الی ۸ مقایسه بین این تجهیزات انجام شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

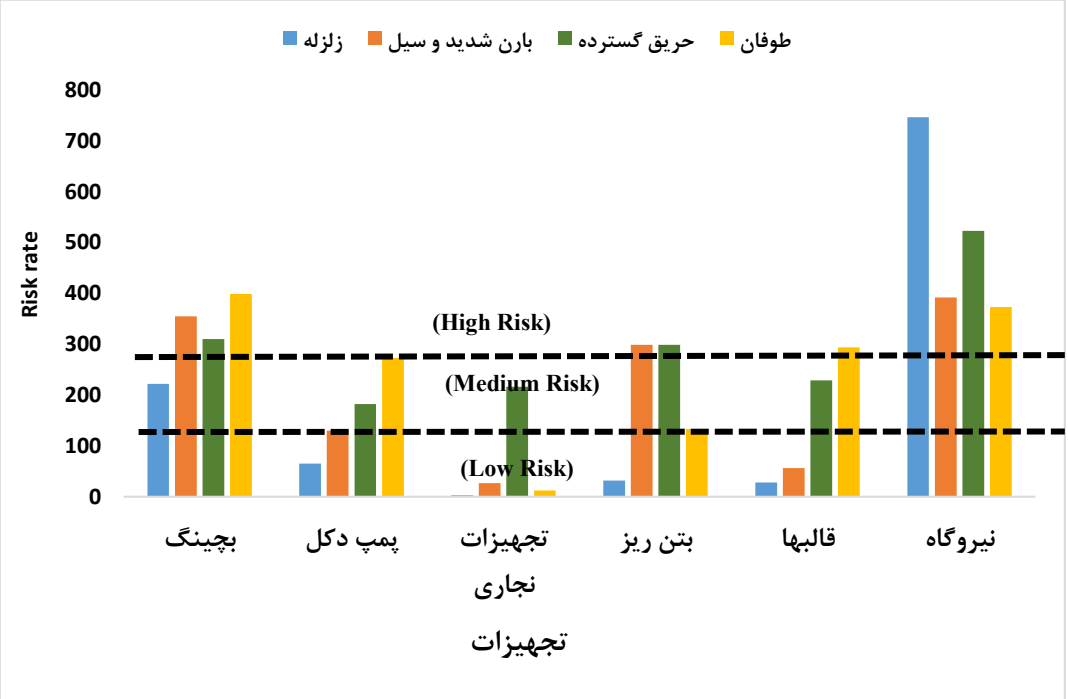


شکل ۵: مقایسه ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر چهار بحران طبیعی

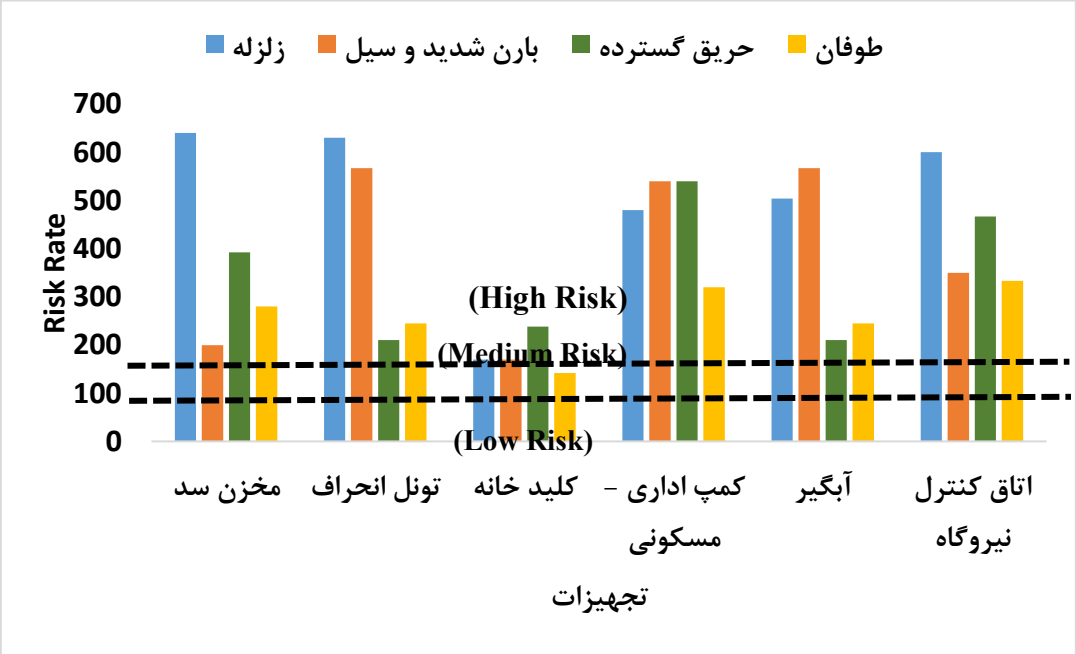


شکل ۶: مقایسه ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر چهار بحران طبیعی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]



شکل ۷: مقایسه ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر چهار بحران طبیعی



شکل ۸: مقایسه ارزیابی ریسک تجهیزات در برابر چهار بحران طبیعی

بحث و نتیجه‌گیری

در اثر وقوع انواع تهدیدات چه طبیعی و چه انسان ساخت، خسارت فراوانی ممکن است به زیرساخت‌های کشور وارد شود. یکی از این زیرساخت‌های حیاتی، سدهای مخزنی است. از آنجایی که مهم‌ترین وظیفه این سامانه در زمان بحران، ناشی از وقوع تهدید، استمرار در انتقال آب به شهروندان می‌باشد، در صورت قطع استمرار عملکردی باعث تشدید بحران خواهد شد. از این رو باید با ارزیابی تهدیدات در

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

سامانه آبرسانی، نقاط آسیب‌پذیر شناسایی شود و با شناخت این نقاط راهکارهایی به‌منظور آسیب‌پذیری ارائه شود. سدهای مخزنی به علت ایجاد تغییرات عمده در تعادل محیط‌زیستی و تغییرات کیفیت آب همواره موجب بروز اختلالات محیط‌زیستی و بروز ریسک‌های متعددی بوده‌اند. هدف از این پروژه، شناسایی مهمترین ریسک‌های مرتبط با احداث سد مخزنی بالارود که شامل بلایای طبیعی و همچنین مدیریت این ریسک‌ها با روش RAMCAP می‌باشد. زلزله ،طوفان ،باران و بارش شدید و حریق گسترده از بلایایی هستند که نتایج ریسک آنها ارائه شده است. به‌منظور ارزیابی ریسک باید ارزش دارایی‌ها، تهدیدها و میزان آسیب‌پذیری امتیازدهی میشد. بنابراین برای بررسی دارایی‌ها سه معیار در نظر گرفته شدو به هر یک از دارایی‌ها بر اساس این معیارها امتیاز دهی شد تا ارزش اقتصای آن‌ها برای ارزیابی ریسک محاسبه گردد. این معیارها شامل ارزش اقتصادی، ارزش عملکردی و منحصر به فرد بودن بود. در بررسی ارزش دارایی‌ها با سه شاخص مورد نظر نیروگاه با امتیاز ۹/۳ بیشترین و تجهیزات و ابزارآلات نجاری و فنی مانند اره‌ها و تسمه و... با امتیاز ۳ کمترین ارزش را دارا بودند. همچنین بعد نیروگاه، اتاق کنترل نیروگاه و تصفیه خانه با امتیاز ۸/۳ ، مخزن سد با امتیاز ۸ و تونل انحراف و آبگیر با امتیاز ۷ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. با توجه به نتایج ارزیابی ریسک در برابر زلزله ۷ مورد با ریسک بالا، دو مورد ریسک متوسط و ۱۵ مورد با ریسک متوسط شناسایی شد. نیروگاه، با میزان ریسک ۷۴۷، مخزن سد با امتیاز ۶۴۰، تونل انحراف ۶۳۰، اتاق کنترل نیروگاه ۶۰۰ و آبگیر سد ۵۰۴، کمپ اداری ۴۸۰ و تصفیه خانه ۴۰۸ از جمله تجهیزاتی هستند که بیشترین ریسک را در برابر زلزله خواهند داشت. همچنین بچینگ با ۲۵۷ و کلیدخانه به ۱۷۰ ریسک متوسط و باقی دارایی ها که بیشتر شامل تجهیزات بودند ریسک پایین داشتند.

در ارزیابی ریسک بحران بارش شدید باران و سیل ۷ مورد با ریسک بالا ۷ مورد با ریسک متوسط و ۱۰ مورد با ریسک پایین شناسایی شدند. تونل انحراف و آبگیر با ریسک ۵۶۷ و کمپ اداری با ریسک ۵۴۰، بچینگ با ۴۱۱، تاور کرین ۳۹۹، نیروگاه ۳۹۲ و اتاق کنترل نیروگاه ۳۵۰ بالاترین ریسک را دارا بودند. همچنین بتن‌ریز با ریسک ۲۹۹، جرثقیل ۲۶۱ خودرو سنگین و تصفیه خانه ۲۰۸ و مخزن سد ۲۰۰ و کلیدخانه ۱۷۰ با ریسک متوسط شناسایی شدند. همچنین باقی دارایی‌ها ریسک پایین داشتند البته پمپ دکل ریسک پایین نزدیک به متوسط (۱۳۰) داشتند.

در ارزیابی ریسک در بحران حریق، ۵ ریسک بالا، ۱۲ ریسک متوسط و ۷ ریسک پایین شناسایی شد. کمپ اداری مسکونی با ریسک ۵۴۰، نیروگاه با ریسک ۵۲۳، اتاق کنترل نیروگاه ۴۶۷، مخزن سد با ریسک ۳۹۲ و بچینگ با ۳۵۹ بالاترین ریسک را داشتند. همچنین بتن‌ریز ریسک در مرز ریسک بالا و متوسط قرار گرفت(۲۹۹). در ریسک‌های متوسط قالب‌ها با ریسک ۲۷۸، دیزل ژنراتور با ریسک ۲۷۲، کلیدخانه با ریسک ۲۳۸ در رده های بعدی قرار داشتند. انواع دستگاه‌های جوشکاری، اره، چکش و... با امتیاز ریسک ۴۸، کمترین ریسک را دارا بود.

در ارزیابی ریسک در برابر طوفان ۶ ریسک بالا، ۶ ریسک متوسط و ۱۲ ریسک پایین شناسایی شد. بچینگ با ریسک ۴۶۲، تاورکرین با ریسک ۳۹۹، نیروگاه ۳۷۳، قالب‌ها با ریسک ۳۵۷، اتاق کنترل نیروگاه با ریسک ۳۳۳ و کمپ اداری مسکونی با ریسک ۳۲۰ بیشترین ریسک را داشتند. مخزن سد با ریسک ۲۸۰، پمپ دکل با ریسک ۲۷۳ ، تونل انحراف و آبگیر ۲۴۵، دیزل ژنراتور ۱۷۰ و تصفیه‌خانه با ریسک ۱۶۷ ریسک متوسط داشتند. دستگاه‌های جوشکاری، داربست، اره ها، سنگ فرز با ریسک ۱۲ کمترین ریسک را داشتند.

در میانگین ارزیابی ریسک‌ها ۷ ریسک بالا شامل نیروگاه با ریسک ۵۰۹، کمپ اداری مسکونی با ریسک ۴۷۰ اتاق کنترل نیروگاه با ریسک ۴۳۸، تونل انحراف با ریسک ۴۱۳ ، آبگیر با ریسک ۳۸۲، مخزن سد ۳۷۸، و بچینگ ۳۷۲ با ریسک بالا شناسایی شد. ۷ ریسک متوسط شامل تاورکرین، جرثقیل، تصفیه‌خانه پمپ دکل، بتن ریز، قالب‌ها و کلید خانه، شناسایی شد. باقی دارایی‌ها در رده ریسک‌هایی پایین قرار داشتند. البته لازم به ذکر است دیزل ژنراتور با ریسک ۱۵۰ در مرز ریسک پایین و متوسط قرار داشت.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

منابع

Aljohani, T. M. 2022. Cyberattacks on Energy Infrastructures: Modern War Weapons. arXiv preprint arXiv:2208.14225.

Azad, S. 2017. Iran and China: A new approach to their bilateral relations. Rowman & Littlefield.

Balali, G. I., Yar, D. D., Afua Dela, V. G., and Adjei-Kusi, P. 2020. Microbial contamination, an increasing threat to the consumption of fresh fruits and vegetables in today's world. International Journal of Microbiology, 2020.

Brashear, J., Olstein, M., Binning, D., and Stenzler, J. 2007. RAMCAP™: Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection for the Water and Wastewate Sector. In WEFTEC 2007 (pp. 2199-2212). Water Environment Federation.

Bridgelall, R. 2022. Using artificial intelligence to derive a public transit risk index. Journal of Public Transportation, 24, 100009.

Cacciuttolo, C., and Atencio, E. 2022. Past, Present, and Future of Copper Mine Tailings Governance in Chile (1905–2022): A Review in One of the Leading Mining Countries in the World. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(20), 13060.

Corn, G. 2017. Cyber National Security: Navigating Gray Zone Challenges In and Through Cyberspace. Complex Battlespaces: The Law of Armed Conflict and the Dynamics of Modern Warfare (2018, Forthcoming).

Cosgrove, W. J., and Loucks, D. P. 2015. Water management: Current and future challenges and research directions. Water Resources Research, 51(6), 4823-4839.

Fenz, S., Heurix, J., Neubauer, T., and Pechstein, F. 2014. Current challenges in information security risk management. Information Management & Computer Security.

Fonjong, L., and Fokum, V. 2017. Water crisis and options for effective water provision in urban and peri-urban areas in Cameroon. Society & Natural Resources, 30(4), 488-505.

Gray, C. S. 2014. Strategy and defence planning: meeting the challenge of uncertainty. Oxford University Press, USA.

Heino, O., Heikkilä, M., and Rautiainen, P. 2022. Caging identified threats–Exploring pitfalls of state preparedness imagination. International Journal of Disaster Risk Reduction, 78, 103121.

Jiskani, I. M., Moreno-Cabezali, B. M., Rehman, A. U., Fernandez-Crehuet, J. M., and Uddin, S. 2022. Implications to secure mineral supply for clean energy technologies for developing countries: A fuzzy based risk analysis for mining projects. Journal of Cleaner Production, 358, 132055.

Kumar, J. A., Prakash, P., Krithiga, T., Amarnath, D. J., Premkumar, J., Rajamohan, N., and Rajasimman, M. 2022. Methods of synthesis, characteristics, and environmental applications of Mxene: A comprehensive review. Chemosphere, 286, 131607.

Kure, H. I., Islam, S., and Mouratidis, H. 2022. An integrated cyber security risk management framework and risk predication for the critical infrastructure protection. Neural Computing and Applications, 1-31.

Lyytinen, K., Mathiassen, L., and Ropponen, J. 1998. Attention shaping and software risk—a categorical analysis of four classical risk management approaches. Information Systems Research, 9(3), 233-255.

Martin, B., and Johansen, J. 2019. Social defence. Lulu. Com.

Mehta, G., Cornell, S. E., Krief, A., Hopf, H., and Matlin, S. A. 2022. A shared future: chemistry's engagement is essential for resilience of people and planet. Royal Society Open Science, 9(4), 212004.

Olumba, E. E., Nwosu, B. U., Okpaleke, F. N., and Okoli, R. C. 2022. Conceptualising eco-violence: moving beyond the multiple labelling of water and agricultural resource conflicts in the Sahel. Third World Quarterly, 43(9), 2075-2090.

Overy, R. J. 2020. The air war, 1939-1945. Plunkett Lake Press.

SCHLEISS, A. J. 2018. Sustainable and safe development of dams and reservoirs as vital water infrastructures in this century–The important role of ICOLD. In Proceedings of International Dam Safety Conference, 23 & 24 January 2018 Thiruvananthapuram, Kerala (pp. 3-16).

Sharifi, A. 2020. Urban resilience assessment: Mapping knowledge structure and trends. Sustainability, 12(15), 5918.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

Somasundaram, D. 2014. Scarred communities: Psychosocial impact of man-made and natural disasters on Sri Lankan society. SAGE Publications India.

Stephans, R. A. 2022. System safety for the 21st century. John Wiley & Sons.

Stewart, M. G., Netherton, M. D., and Rosowsky, D. V. 2006. Terrorism risks and blast damage to built infrastructure. Natural Hazards Review, 7(3), 114-122.

Swain, A. 2001. Water wars: fact or fiction?. Futures, 33(8-9), 769-781.

Trebilcock, M., Shrubsole, K., Worrall, L., and Ryan, B. 2022. Development of an online implementation intervention for aphasia clinicians to increase the intensity and comprehensiveness of their service. Disability and Rehabilitation, 44(17), 4629-4638.

Veit, W. 2022. The origins of consciousness or the war of the five dimensions. Biological Theory, 1-16.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

Risk Assessment of Threats and Disasters Using the RAMCAP Method and Proposal of Control Measures (Case Study: Balaroud Reservoir Dam)

Ali Kavianifard [1]
Katayoon Varshosaz [1*]

1. Department of Environmental Management-HSE,Ahv.C., Islamic Azad University,Ahvaz, Iran.

***Corresponding author:**
k.varshosaz@iau.ac.ir

Received date: **June/02/2025**
Accepted date: **January/04/2026**

Abstract

The occurrence of various threats both natural and human-induced can cause extensive damage to national infrastructure. One of the most critical components of such infrastructure is dams. Dam safety is regarded as one of the most important issues in the dam engineering industry during the stages of design, construction, and operation. The objective of this study was to assess the risk and vulnerability of reservoir dam facilities to natural and anthropogenic hazards. In this research, the identification and evaluation of these vulnerabilities were carried out for the Balaroud Reservoir Dam using the RAMCAP methodology.

First, assets and specific threats related to dam construction and operation were identified and assessed. Subsequently, the severity of vulnerability of each identified asset to potential threats was evaluated. Finally, by calculating the risk value for each asset using the RAMCAP method, the assets of the Balaroud Reservoir Dam from water intake to transmission facilities were identified as vulnerable units. This classification enables the implementation of appropriate control measures prior to the occurrence of natural or human-induced disasters in order to reduce overall vulnerability.

Based on the average risk assessment results, seven high-risk assets were identified, including the powerhouse with a risk value of 509, the administrative–residential camp with a risk value of 470, the powerhouse control room with a risk value of 438, the diversion tunnel with a risk value of 413, the water intake with a risk value of 382, the dam reservoir with a risk value of 378, and the batching plant with a risk value of 372. Seven assets were classified as having moderate risk, including the tower crane, crane, water treatment plant, pump and drilling rig, concrete placing equipment, formworks, and the switchyard. The remaining assets were categorized as low-risk. It should be noted that the diesel generator, with a risk value of 150, was located at the threshold between low and moderate risk levels.

Considering the identified risks associated with the assets of the Balaroud Reservoir Dam, the provision of personnel training for preparedness before and after crisis events, equipment safety enhancement, and the implementation of appropriate measures for crisis management and control are considered essential.

Keywords: Balaroud Reservoir Dam; RAMCAP; Natural Disasters; Risk Assessment.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]