



## شناسایی و مدیریت ریسک بلایای طبیعی و انسان ساخت حاصل از احداث سدها با استفاده از تکنیک AHP (مطالعه موردی سد هراز شهرستان آمل)

حسین ایزدی<sup>۱</sup> و مجتبی فاضلی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) lzadi2012@gmail.com  
۲. استادیار دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، m\_fazeli@sbu.ac.ir

### چکیده

**زمینه و هدف:** سدهای مخزنی به علت ایجاد تغییرات عمده در تعادل زیست محیطی و تغییرات کیفیت آب همواره موجب بروز اختلالات زیست محیطی و بروز ریسک‌های متعددی بوده‌اند. هدف از این پروژه، شناسایی مهمترین ریسک‌های مرتبط با احداث سد هراز آمل که شامل بلایای طبیعی و انسان ساخت و همچنین مدیریت این ریسک‌ها می‌باشد.

**روش:** در این مقاله از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم افزار (Expert choice) استفاده شد تا مهمترین ریسک‌های محتمل مربوط به سد هراز انتخاب و اولویت‌بندی شوند. و در نهایت راه کارهایی منطقی جهت مدیریت صحیح ریسک‌های مربوط به سد هراز مشخص گردد.

**یافته‌ها:** پس از ایجاد درخت سلسله مراتبی ماتریس‌های مقایسه زوجی برای معیارهای اصلی ارزیابی ریسک‌ها و همچنین فاکتورهای ریسک، نتایج بدست آمده در مرحله اول معیارهای (اثر بر فرد، اثر بر محیط زیست، اثر بر اقتصاد و اثر بر اجتماع) به ترتیب برحسب اهمیت اولویت‌بندی شدند. همچنین پس از امتیازدهی به فاکتورهای ریسک تفکیک شده براساس دوم معیار فرعی شدت و تواتر وقوع، در مرحله اول از بین ۲۰ مولفه ریسک، ۱۰ فاکتور ریسک شناسایی و جهت ورود به مرحله دوم انتخاب شدند. پس از وارد کردن ۱۰ فاکتور ریسک در پرسشنامه دوم و امتیازدهی آنها براساس معیارهای اصلی، در نهایت ۳ تا از مهمترین ریسک‌های مربوط به سد هراز مشخص شد که به ترتیب شامل (زلزله و زمین لرزه القائی، سیل و توسعه آلودگی به دریاچه سد) می‌باشند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به مهمترین ریسک‌های تهدید کننده سد، برای ریسک زلزله (ایجاد سدهای تاخیری و لاستیکی و کانال‌های پخش آب- مقاوم سازی دیواره‌های طبیعی دریاچه سد- مانورهای آموزشی، سیستم‌های اطلاع رسانی به همراه اقدامات پدافندی غیرعامل) و برای ریسک سیل (اقدامات مهندسی آبخیزداری در بالادست سد- انجام عملیات مهندسی رودخانه در پایین دست سد با هدف شکست جریان آب سرازیر شده) و در نهایت برای ریسک توسعه آلودگی به دریاچه سد (تثبیت دیوای زباله به همراه احداث سد زیرزمینی- ایجاد تصفیه‌خانه‌های پیشرفته در بالادست سد- ایجاد نیروگاه زباله سوز پیشرفته و بهره‌برداری از انرژی بدست آمده) به عنوان موثرترین راه کارهای مدیریت ریسک برای سد هراز شهرستان آمل انتخاب و اولویت‌بندی شدند.

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت ریسک، بلایای طبیعی، تحلیل سلسله مراتبی، سد هراز

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** ایزدی، حسین؛ فاضلی، مجتبی (بهار، ۱۳۹۶)، شناسایی و مدیریت ریسک بلایای طبیعی و انسان ساخت حاصل از احداث سدها با استفاده از تکنیک AHP (مطالعه موردی سد هراز شهرستان آمل). فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۷ (۱)، ۷۰-۸۲.

## Natural and manmade disaster risk identification and management in dam construction using AHP method (case study: Haraz dam of Amol city)

H. Izadi<sup>1</sup>, M. Fazeli<sup>2</sup>

1- MSc student, Department of Civil Engineering, Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran (Corresponding Author), lzadi2012@gmail.com  
2- Assistant Professor in Department of Civil Engineering, Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, m\_fazeli@sbu.ac.ir

### Abstract

**Background and objective:** The storage dams always cause environmental problems and the occurrence of various risks due to the creation of major changes in ecological balance and water quality changes. The purpose of the present study is to identify and prioritize the general and special risks related to the Haraz dam including natural and manmade disasters as well as manage the risks.

**Method:** in this paper, the Analytic hierarchy process (AHP) method and the Expert choice software was used in order to select and prioritize the most important risks related to Haraz dam. Finally, solutions were presented to properly manage the risks related to Haraz dam.

**Findings:** After creating a hierarchical tree, pair-wise comparison matrix of main criteria for risk assessment as well as risk factors, the results obtained in the first stage criteria (the effects on individual, environment, economy, and the society) were prioritized respectively in terms of importance. Also, after scoring risk factors, separated based on two sub-criteria of intensity and frequency of occurrence, 10 risk factors were identified and selected among 20 risk factors in the first phase to enter the second stage. After entering 10 risk factors in the second questionnaire and scoring them according to main criteria, three most important risks related to Haraz dam were determined including earthquakes and induced earthquake, floods and pollution of the lake, respectively.

**Conclusion:** According to the most important risks threatening the dam, the solutions of creation of delayed and rubber dams and water diversion channels, strengthening the natural walls of natural dam lake, training exercises, notification systems with passive defense measures in earthquake risk, the solutions of engineering activities of watershed in upstream of the dam, engineering operations in the river downstream of the dam, with the aim of breaking the flow of water in flood risk and finally, the solutions of fixing landfill with the construction of underground dam, constructing advanced water treatment plants in the upstream, constructing advanced incineration plants, and exploitation of obtained energy in the risk of contamination of the dam lake were selected and prioritized as the most effective risk management solutions for Haraz dam of Amol city.

**Keywords:** risk management, natural disasters, Analytic hierarchy process, Haraz dam

► **Citation (APA 6th ed.):** Izadi H, Fazeli M. (2017, Spring). Natural and manmade disaster risk identification and management in dam construction using AHP method (case study: Haraz dam of Amol city). *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 7(1), 70-82.



## مقدمه

مدیریت ریسک شامل تعیین ریسک، تجزیه و تحلیل ریسک،

برنامه ریزی پاسخگویی، نظارت و برنامه ریزی فعالیت هاست که در طی طول عمر پروژه به منظور اطمینان از دستیابی به اهداف اجرا می شود (هال و هیولت<sup>۵</sup>، ۲۰۰۳)، بنابراین استفاده بهینه از آب در کشوری چون ایران که از نظر اقلیمی دارای وضعیت خشک تا نیمه خشک است از اهمیت فراوانی به خصوص در گسترش و توسعه فعالیت های کشاورزی برخوردار است. سدها سازه هایی هستند که در مسیر رودخانه و برای ذخیره سازی منابع آب رودخانه ها احداث می شوند، که به طور کلی سدها به منظور استفاده آب ذخیره شده در پشت آنها برای آبیاری، شرب انسان، تولید انرژی برق مورد نیاز جامعه، جلوگیری از طغیان و سیلاب ها و جلوگیری از صدمه زدن به تاسیسات و روستا های پایین دست و فرسایش و تخریب آبخیز کاربرد دارند (عباس شول و علیرضا فتاحی زاده، ۱۳۸۹). اینجاست که می توان به اهمیت دانش مهندسی سد پی برد و این روش به عنوان بهترین روش در مهار آب شیرین دانست و البته اهمیت فوق نباید ما را از ارزیابی آثار سوء اینگونه پروژه های عمرانی بر محیط زیست و انسان که شامل پیامدهای انسان ساخت و طبیعی می باشند غافل کند تا برای رسیدن به توسعه ی پایدار، محیط زیست را قربانی توسعه ی بی رویه کنیم (پیرستانی و شفقتی، ۱۳۸۸).

## هدف

هدف کلی از این پروژه شناسایی و پیش بینی مهمترین ریسک های طبیعی و انسان ساخت حاصل از احداث سد هراز شهرستان آمل می باشد، تا در نهایت راهکارهایی کلیدی و موثر جهت مدیریت صحیح این ریسک ها ارائه گردد.

## مواد

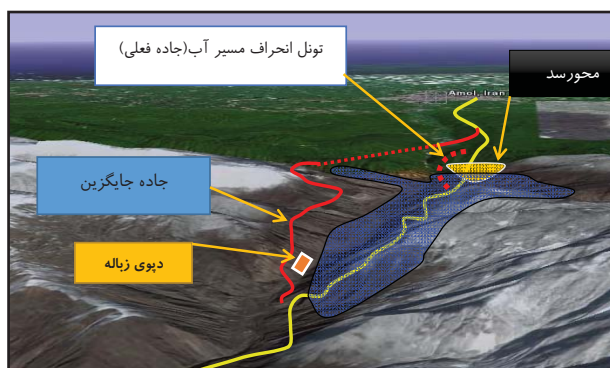
ساختمان سد مخزنی منگل بر روی رودخانه هراز در فاصله حدود ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان آمل در استان مازندران قرار دارد، که دسترسی به ساختمان، مستقیماً از جاده هراز امکان پذیر می باشد. سد مورد مطالعه در موقعیت طول و عرض جغرافیایی ۳۶/۲۵ و ۵۶/۳۷ می باشد و از نظر ساختاری در دامنه شمالی البرز مرکزی قرار دارد، همچنین از نظر آب و هوایی، این ناحیه دارای آب و هوای معتدل و مرطوب و در قسمت های مرتفع دارای آب و هوای کوهستانی و

احداث سدهای ناموفق در گوشه و کنار جهان و بحران های ناخوشایند زیست محیطی آنها، موجب گردیده که تجدید نظر کلی در مورد «توسعه» و «اکولوژی» به عمل آید و «توسعه پایدار» به عنوان مبنایی برای ارزیابی مسائل زیست محیطی مطرح گردد (دنست<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). از سوی دیگر، استفاده از تجربه طرح هایی که تاکنون به انجام رسیده، با همه موفقیت ها، مزایا و منافع و یا ناکامی ها، تخریب ها و نابسامانی ها، می تواند چراغ راه آینده طراحان چنین سازه هایی باشد، تا در هنگام طرح و احداث سد و در مدیریت برنامه ریزی اجرای آن، همواره به صورت زنگ خطری در جهت بهتر و مناسب تر نمودن طراحی و انتخاب راهها و روش های مناسب تر ساخت و اعمال برنامه ریزی و بهره برداری مناسب از آب کمک و یاری نماید (تاهمیسوغللو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷). باتوجه به کمبود منابع آبی در کشور ایران و لزوم استفاده بهینه از آب های سطحی جهت امور کشاورزی و همچنین اهمیت تولید برق از طریق نیروگاه های برق-آبی، دولت سرمایه گذاری عمده ای در بخش سدسازی و پروژه های عظیم آن انجام داده است در طی این سرمایه گذاری ها، پیمانکاران متعددی درگیر پروژه های سدسازی شده اند (منصوری، ابراهیم پور، برامکی یزدی، ۱۳۸۴). منابع بالقوه ریسک های شناسایی شده در این پروژه ها می تواند باعث کاهش سود این پیمانکاران شود. منابع ریسک شامل ریسک های مالی و اقتصادی، ریسک های قانونی و قراردادی، ریسک های مرتبط با پیمانکاران دسته دوم، ریسک عملیاتی، ریسک اجتماعی و امنیتی، ریسک طراحی، ریسک موارد غیرعادی، ریسک فیزیک، ریسک اکولوژیکی، شیمیایی و ریسک تاخیر می باشد که هر کدام در برگیرنده ی تعدادی فاکتور ریسک هستند (ژوهان<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶). بنابراین ضروری است که منابع ریسک بررسی و ارزیابی شوند تا:

- ۱- براساس نوع و میزان اثرگذاری، تعیین و اولویت بندی شوند.
- ۲- در هر پروژه برای این منابع بالقوه برنامه ریزی شود.
- ۳- در طول فرآیند پروژه فاکتورهای ریسک موجود به درستی مدیریت شوند (ژوهان جکسون<sup>۴</sup>، ۲۰۰۶).

1. Theoneste
2. Tahmiscioghlu
3. Johan
4. Johan Jackson

تصویب نرسیده است. دیگر مشکل، محل احداث سد بوده که در منطقه گسل زلزله قرار دارد و این موضوع کار را برای سازندگان سد سخت تر می کرد. همچنین وجود تپه زیاله یا همان (لندفیل)<sup>۱</sup> در کنار محدوده دریاچه سد که کمی بالاتر از مخزن سد در سمت راست به سمت تهران قرار دارد می تواند به عنوان یک عامل تهدید کننده بر کیفیت آب دریاچه باشد چراکه این تپه انباشتی از زیاله های شهری می باشد که عدم مدیریت شهری در حذف آن باعث شده تا در زمان عبور از جاده اصلی که چسبیده به مخزن سد می باشد به صورت واضح قابل مشاهده باشد، چراکه این تپه در آینده موجب آلودگی های شدید آب پشت سد می شود به علت شیرابه هایی که نفوذ در خاک اصراف کرده و در نهایت وارد مخزن سد می شود. همچنین بر اساس شواهد موجود در محدوده سد پدیده زمین لغزش (لند اسلاید)<sup>۲</sup> در اطراف مخزن دیده می شود. نقشه شماره (۱) نقشه ماهواره ای محدوده احداث سد هراز را نشان می دهد.



نقشه ۱: نقشه سه بعدی از محدوده سد منگل همراه با جزئیات مهم آن

## روش

دستیابی به اطلاعات پایه منطقه مبتنی بر مطالعات کتابخانه ای، جستجوی اینترنتی، مدارک و اسناد موجود و همچنین مطالعات میدانی و بازدید از سایت سد در مرحله احداث به منظور شناخت ویژگی های زمین ساخت، محیط زیست و نیز بررسی موقیت پروژه و ویژگی های ساختاری سد مورد نظر انجام شده است. لذا در این پروژه جهت ارزیابی و بررسی ریسک های موجود از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)<sup>۳</sup> بهره برده شده است. یکی از ابزارهای بکار گرفته شده

سرد است. رودخانه هراز از حوالی پل دختر سرچشمه گرفته و در محل کوهستانی پلور به رودخانه لار متصل می شود، و با وجود موفولوژی جوان و پویا دارای دره های V شکل است و سد منگل در دره عمیق هراز در قسمت میانی این ناحیه قرار دارد. طرح سد منگل هراز با هدف تامین از حقابه های دشت هراز و بهبود کشاورزی در این دشت مورد مطالعه قرار گرفته است. با اجرای این طرح حقابه های اراضی دشت هراز ( که با قطع جریان آب توسط سد هراز و تخصیص آن به شرب تهران بدون آب می شوند)، تامین خواهد شد. از نظر زمین ساختی این ناحیه در محدوده زون گسل شمال البرز قرار گرفته است، گسل های متعددی مانند گسل منگل، چلاو مخزن سد منگل را تحت تاثیر قرار می دهند. گسل های مهم این ناحیه از نوع معکوس و راندگی و با امتداد تقریباً شرقی - غربی می باشند. اما بصورت محلی، گسل های راستالغز و نرمال با امتدادهای شمالی - جنوبی، شمال غرب - جنوب شرق یا شمال شرق - جنوب غرب مشاهده شده است. تاقدیس عمارت با ساختار گنبدی محدوده بزرگی از این ناحیه و محدوده ساختگاه و مخزن سد را در بر گرفته است. سازوکارهای فعال عمده این منطقه حکایت از حرکات شاغولی فعال دارد. گسل های محدوده مورد مطالعه را می توان جزء گسل های فعال در نظر گرفت. با توجه به کارکرد گسله های موجود در این تکه از پهنه گسله شمال البرز ( منگل، چلاو، کلرد و...) همچنین می توان بیان نمود که شیب گسله ها از جنوب به سمت شمال بیشتر شده و تشکیل گسله های معکوس و راندگی، نشانگر، سازوکار فشارشی حاکم بر منطقه مورد مطالعه است.

## جاده جایگزین هراز

با آگیری این سد حدود ۹ کیلومتر از جاده هراز غرقاب می گردد. جاده جایگزین که مطالعات مرحله اول آن توسط مشاور هراز راه به پایان رسیده دارای طول کل ۱۱ کیلومتر می باشد. این مسیر متشکل از ۳ رشته تونل (برای هر لاین) به طول مجموعاً ۷۵۰۰ متر بوده و بلندترین تونل دارای طول ۱۶۵۵ متر می باشد. نکته ای که در عملیات هایی به این عظمت و بزرگی مد نظر قرار می گیرد، تحقیق همه جانبه موضوع است تا هزینه ای اضافه ایجاد نگردد. اما در پروژه احداث سد هراز از همان ابتدا انتقاداتی جدی مطرح بوده که از آن جمله می توان به گفته مدیر اجرایی سد اشاره کرد که: به گفته ایشان هنوز مطالعات زیست محیطی این پروژه به

1. Landfile  
2. Land slide  
3. Analytic hierarchy process (AHP)

جدول ۱: مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی

مقدار عددی	ترجیحات	
۹	Extremely Preferred	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	Very Strongly Preferred	ترجیح با اهمیت با مطلوبیت خیلی قوی
۵	Strongly Preferred	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	Moderately Preferred	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	Equally Preferred	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸,۶,۴,۲	-	ترجیحات بینابینی

در این پروژه، پرسشنامه دلفی بوده که در سه نسخه طراحی گردید که با هدف شناسایی ریسک‌های موجود در منطقه بکار گرفته شده است. بدین ترتیب که ابتدا بر اساس مطالعات میدانی و سوابق پیشین ابتدا ۱۹ پارامتر به عنوان عوامل کلی ریسک‌ها اعم از ریسک‌های فیزیکی و شیمیایی-اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی - بیولوژیکی- ایمنی و بهداشتی در نظر گرفته شده است، که بر اساس شدت و تواتر وقوع طبق جدول امتیاز دهی ۹ کمیته‌ای ال ساعتی از ۱ تا ۹ در پرسشنامه نسخه اول بصورت زوجی ارزش‌دهی شدند. جداول شماره ۱ و ۲ به ترتیب مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی و شناسایی فاکتورهای ریسک موجود در محدوده مطالعاتی (سد هراز) را نشان می‌دهند.

جدول ۲: شناسایی انواع فاکتورهای ریسک موجود در محدوده مطالعاتی (سد هراز)

گزینه‌های مربوط به هر ریسک	انواع ریسک‌های موجود در محدوده سد
۱- زلزله و زمین لرزه القایی (Earthquakes and earthquake induced) ۲- تاثیر بر منابع آب (لایه بندی حرارتی) (The impact on water resources) ۳- فرسایش خاک (Soil erosion) ۴- رسوب گذاری (Sedimentation) ۵- سیل (Flood) ۶- زمین لغزش (Land Slide) یا رانش زمین ۷- آلودگی (Contamination)	ریسک‌های فیزیکی شیمیایی (Risks physicochemical)
۸- اثرگذاری بر زیست‌گاه (Effects on habitat) ۹- نشت آلودگی به دریاچه سد (Leak pollution into the lake) ۱۰- اثرگذاری بر پوشش گیاهی (Effects on vegetation)	ریسک‌های بیولوژیکی (Biological risks)
۱۱- پذیرش اجتماعی و امنیت (Social acceptance and security) ۱۲- تغییر کاربری اراضی (land use change) ۱۳- جابجایی و اسکان مجدد (Displacement and resettlement) ۱۴- پذیرش گردشگری (Tourist Admission) ۱۵- اشتغال و درآمد (Employment and income)	ریسک‌های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی (Risks of social, cultural, economic)
۱۶- انفجار، جنگ و تروریسم (Explosion, war and terrorism) ۱۷- خطاها و اشتباهات انسانی، قبل، بعد و حین بهره‌برداری (Human errors and mistakes) ۱۸- حوادث وابسته به عملیات سدسازی (Dam-related accidents) ۱۹- آلوده شدن کارکنان در حین کار (Contamination of workers at work)	ریسک‌های ایمنی و بهداشتی (Health and safety risks)

موجود در هر سطح نسبت به یکدیگر مقایسه شده و وزن نسبی آنها محاسبه گردید. این پرسشنامه در اختیار ۱۱ نفر از کارشناسان خبره با مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی با تجربه‌ای بین ۱۰ تا ۳۰ سال در زمینه عمرانی، محیط‌زیست، زمین‌شناسی و بحران محیطی قرار گرفت و نظر مخالف یا موافق ایشان در مورد عوامل ریسک دریافت شد. در این فرآیند تمام مقایسه‌ها بصورت زوجی انجام گرفته و کارشناسان از قضاوت‌های شفاهی استفاده

در ساختار سلسله مراتبی این تحقیق در سطح اول هدف تحقیق (مدیریت ریسک بلایای طبیعی و انسان ساخت حاصل از احداث سد هراز) قرار گرفته و در سطح دوم معیارهای اصلی و فرعی یا همان شاخص‌های اصلی و فرعی قرار گرفته است. در سطح سوم زیرمعیارهای اصلی یا همان فاکتورهای ریسک که شامل ۲۰ ریسک و در سطح چهارم گزینه‌های مربوط به ریسک‌ها یا همان راه کارها قرار گرفته است. پس از تشکیل ساختار سلسله مراتبی، عناصر

شوند و اوزان بدست آمده وارد نرم افزار Expert choice گردید و در نهایت با احتساب ضرایب ۳ و ۲ به پرسشنامه‌ها معیارهای اصلی بترتیب (اثر بر فرد، اثر بر محیط زیست، اثر بر اقتصاد، اثر بر اجتماع) اولویت بندی شدند. همچنین در همین مرحله پس از آنکه فاکتورهای ریسک در نسخه اول پرسشنامه (AHP1) توسط ۱۱ کارشناس خبره بر اساس شدت و تواتر وقوع به صورت زوجی ارزش دهی شدند، اوزان بدست آمده هر یک از پرسشنامه‌ها وارد نرم افزار گردید و در نهایت با احتساب ضرایب ۳ و ۲ به کلیه پرسشنامه‌ها از بین ۲۰ فاکتور ریسک بر اساس بیشترین تا کمترین وزن، ۱۰ فاکتور ریسک انتخاب شدند که به ترتیب شامل (توسعه‌ی آلودگی به دریاچه سد "دپوی زیاله"، حوادث وابسته به عملیات سد سازی، خطاها و اشتباهات انسانی قبل، حین و بعد بهره‌برداری، زلزله و زمین‌لرزه القائی، اشتغال و درآمد، تغییر کاربری اراضی، آلودگی "لایه بندی حرارتی"، جابجایی و اسکان مجدد مردم، سیل و زمین لغزش) انتخاب و اولویت بندی شدند. جداول شماره ۳، ۴ و ۵ به ترتیب اوزان بدست آمده با احتساب ضرایب ۲ و ۳ از ارزیابی معیارهای اصلی بر حسب هدف، اوزان بدست آمده با احتساب ضرایب ۳ و ۲ از ارزیابی ریسک‌ها بر حسب شدت و تواتر وقوع و اولویت بندی فاکتورهای ریسک بر اساس اوزان با احتساب ضرایب ۳ و ۲ از پرسشنامه AHP2 و نمودارهای شماره ۱ و ۲ به ترتیب اولویت بندی معیارهای اصلی بر اساس هدف و اولویت بندی ریسک‌ها به ترتیب بر اساس اوزان بدست آمده با احتساب ضرایب ۳ و ۲ در AHP1 را نشان می‌دهند.

کرده‌اند، همچنین بر اساس نظر این کارشناسان عددی بین ۱ تا ۹ به هر یک از گزینه‌ها نسبت داده شد، به طوری که عدد بزرگتر برای هر گزینه اهمیت بیشتر آن را نشان می‌دهد که گزینه معادل آن عکس امتیاز را دریافت می‌کند. در ادامه، مقادیر حاصل از ماتریس مقایسه‌های زوجی، بر اساس شدت و تواتر وقوع وارد نرم افزار Expert choice شده و وزن نسبی هر یک از گزینه‌ها بر اساس این دو شاخص بدست آمد، در نهایت اوزان بدست آمده از هر ریسک با احتساب ضرایب ۳ و ۲ جهت اولویت بندی محاسبه شد. بعد از ارزیابی نسخه اول پرسشنامه توسط نرم افزار، ۱۰ گزینه از عوامل ریسک بترتیب بر اساس اوزان بدست آمده با احتساب ضرایب ۳ و ۲ به پرسشنامه‌ها انتخاب و اولویت بندی شدند، در مرحله دوم ۱۰ گزینه ریسک انتخاب شده وارد نسخه دوم پرسشنامه گشته که بر اساس معیارهای اصلی (اثر بر فرد، اثر بر محیط زیست، اثر بر اقتصاد، اثر بر اجتماع) بصورت زوجی ارزش دهی شدند و در نهایت از بین ۱۰ فاکتور ریسک بر اساس اوزان بدست آمده با احتساب ضرایب ۳ و ۲، ۳ فاکتور ریسک به عنوان مهمترین ریسک‌ها انتخاب شدند. در مرحله سوم در نسخه سوم پرسشنامه، راه کارهایی برای هر ریسک آورده شد که توسط ۷ کارشناس خبره بصورت زوجی بر اساس هدف پروژه ارزش دهی شدند.

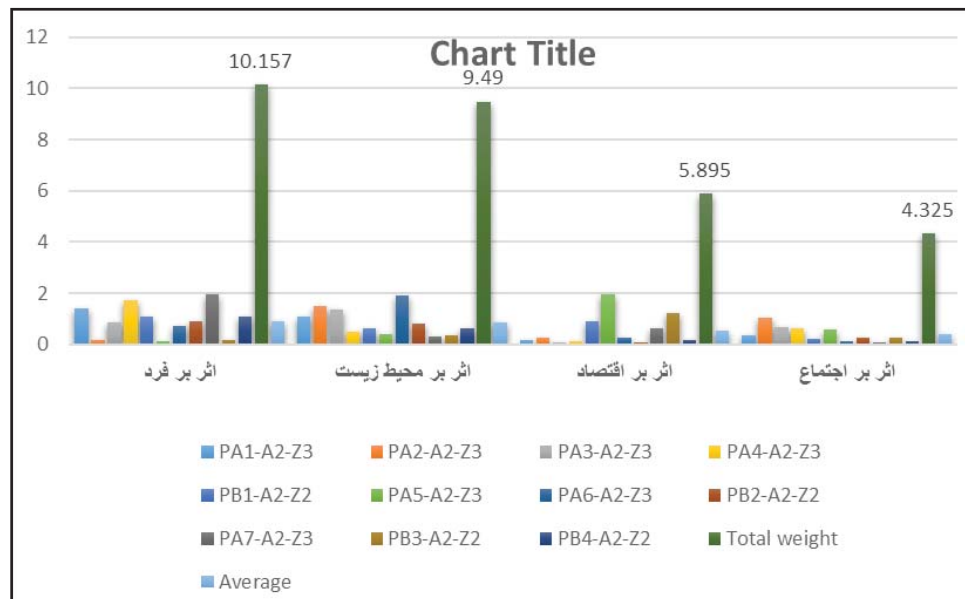
## یافته‌ها

### بخش اول

همانطور که گفته شد در مرحله اول معیارهای اصلی پروژه هم بر اساس اهمیت بصورت زوجی توسط کارشناسان مربوطه ارزش دهی

جدول ۳: اوزان بدست آمده از ارزیابی معیارهای اصلی بصورت زوجی در مرحله اول بر اساس هدف

مجموع اوزان	PA1-A2-Z3	PA2-A2-Z3	PA3-A2-Z3	PA4-A2-Z3	PB1-A2-Z2	PA5-A2-Z3	PA6-A2-Z3	PB2-A2-Z2	PA7-A2-Z3	PB3-A2-Z2	PB4-A2-Z2	R-(P) and (Criteria)
10,157	1.395	0.18	0.867	1.731	1.076	0.108	0.696	0.918	1.962	0.154	1.07	اثر بر فرد
9,49	1.071	1.506	1.38	0.51	0.606	0.381	1.917	0.816	0.309	0.364	0.63	اثر بر محیط زیست
5,895	0.165	0.267	0.099	0.129	0.9	1.947	0.264	0.072	0.63	1.234	0.188	اثر بر اقتصاد
4,325	0.366	1.047	0.654	0.63	0.228	0.561	0.126	0.254	0.099	0.25	0.11	اثر بر اجتماع



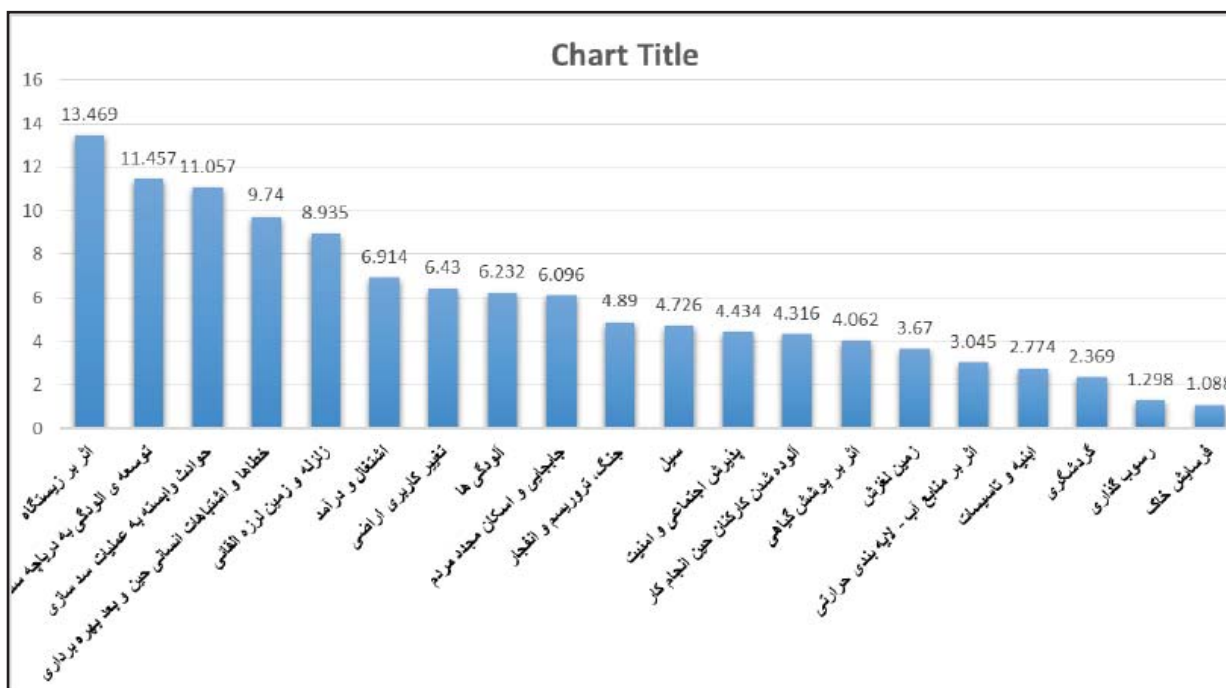
نمودار ۱: اولویت بندی بدست آمده از ارزیابی معیارهای اصلی در مرحله اول

جدول ۴: اوزان بدست آمده از ارزیابی ریسکها براساس دومعیارفرعی شدت و تواتر وقوع در مرحله اول

مجموع اوزان	PA1-A2-Z3	PA2-A2-Z3	PA3-A2-Z3	PA4-A2-Z3	PB1-A2-Z2	PA5-A2-Z3	PA6-A2-Z3	PB2-A2-Z2	PA7-A2-Z3	PB3-A2-Z2	PB4-A2-Z2	R-(P) and (RISKS)
8,935	0.981	1.032	1.14	1.272	0.578	0.561	0.366	0.656	1.059	0.452	0.838	زلزله و زمین لرزه القائی
6,232	0.78	0.672	0.465	0.612	0.45	1.2	0.984	0.654	0.087	0.056	0.272	آلودگی‌ها - لایه بندی حرارتی
3,045	0.543	0.393	0.576	0.27	0.298	0.12	0.159	0.31	0.108	0.1	0.168	اثر بر منابع آب
4,726	0.264	0.381	0.507	0.483	0.2	0.501	0.345	0.144	0.933	0.628	0.34	سیل
3,67	0.237	0.357	0.183	0.189	0.252	0.498	0.705	0.126	0.489	0.352	0.282	زمین لغزش
1,298	0.135	0.105	0.066	0.12	0.112	0.069	0.117	0.07	0.198	0.256	0.05	رسوب گذاری
1,088	0.063	0.063	0.066	0.057	0.108	0.048	0.321	0.036	0.126	0.152	0.048	فرسایش خاک
6,914	0.909	0.957	0.306	1.035	0.462	0.408	0.408	0.584	0.507	0.724	0.614	اشتغال و درآمد
2,774	0.705	0.303	0.27	0.177	0.198	0.066	0.063	0.645	0.225	0.076	0.046	ابنیه و تاسیسات
4,434	0.663	0.465	0.684	0.714	0.33	0.273	0.294	0.288	0.249	0.138	0.336	پذیرش اجتماعی و امنیت
6.43	0.483	0.354	0.72	0.774	0.504	0.897	0.93	0.364	0.486	0.328	0.59	تغییر کاربری اراضی
6,96	0.135	0.675	0.906	0.144	0.38	1.215	1.176	0.062	1.185	0.116	0.102	جابجایی و اسکان مجدد
2,369	0.105	0.228	0.117	0.156	0.126	0.138	0.129	0.058	0.348	0.618	0.346	گردشگری
13,469	1.995	0.789	1.497	2.118	1.492	0.174	0.705	1.35	2.307	0.572	0.47	اثر بر زیستگاه
11,457	0.57	1.977	1.188	0.528	0.346	2.205	2.148	0.384	0.393	0.286	1.432	توسعه ی آلودگی به دریاچه سد - لندفیل
4,062	0.435	0.237	0.315	0.354	0.16	0.621	0.144	0.258	0.3	1.142	0.096	اثر بر پوشش گیاهی
11,057	1.8	0.36	1.32	1.896	0.136	0.639	0.795	1.264	0.435	1.76	0.652	حوادث وابسته به عملیات سد سازی
9,704	0.768	0.945	1.533	0.759	0.548	0.315	1.833	0.506	0.837	0.548	1.112	خطاها و اشتباهات انسانی حین و بعد بهره برداری
4,316	0.288	0.162	0.288	0.261	0.92	0.111	0.273	0.174	1.455	0.234	0.15	آلوده شدن کارکنان حین انجام کار
4,89	0.141	1.533	0.147	0.084	0.394	1.935	0.099	0.056	0.273	0.142	0.086	جنگ، تروریسم و انفجار

جدول ۵: اولویت‌بندی فاکتورهای ریسک در مرحله اول براساس بیشترین تا کمترین اوزان بدست آمده

اولویت‌بندی ریسک‌ها برحسب بیشترین امتیاز	مجموع اوزان هر ریسک از کل پرسشنامه‌های AHP۱ با احتساب ضرایب
توسعه ی آلودگی به دریاچه سد - لندفیل	۱۱/۴۵۷
حوادث وابسته به عملیات سد سازی	۱۱/۰۵۷
خطاها و اشتباهات انسانی حین و بعد بهره برداری	۹/۷۴
زلزله و زمین لرزه القائی	۸/۹۳۵
اشتغال و درآمد	۶/۹۱۴
تغییر کاربری اراضی	۶/۴۳
آلودگی ها	۶/۲۳۲
جابجایی و اسکان مجدد مردم	۶/۰۹۶
سیل	۴/۷۲۶
زمین لغزش	۳/۶۷



نمودار ۲: اولویت‌بندی ریسک‌ها در مرحله اول براساس بیشترین تا کمترین اوزان بدست آمده

### بخش دوم

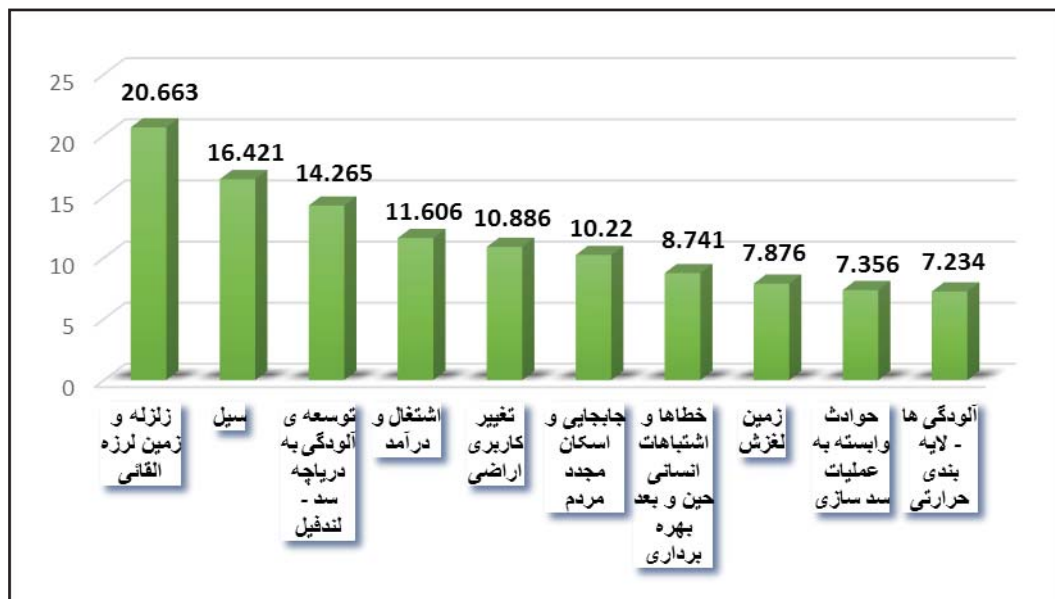
نرم افزار گردید و با احتساب ضرایب ۳ و ۲ به پرسشنامه‌ها ۳ ریسک به عنوان مهمترین ریسک‌ها در محدوده احداث سد هراز که شامل ( زلزله و زمین لرزه القائی، سیل، توسعه ی آلودگی به دریاچه سد لندفیل ) می‌باشند، انتخاب و اولویت‌بندی شدند. جدول شماره ۶ اوزان ریسک‌ها با احتساب ضرایب ۳ و ۲ از پرسشنامه AHP۲ و نمودار شماره ۴ اولویت‌بندی ریسک‌ها با اوزان بدست آمده با احتساب ضرایب ۳ و ۲ از پرسشنامه AHP۲ را نشان می‌دهند.

در مرحله دوم پس از آنکه ۱۰ فاکتور ریسک انتخاب شدند، در نسخه دوم پرسشنامه (AHP۲) در چهار جدول مجزا قرار گرفتند تا بر اساس معیارهای اصلی یا شاخص‌های اصلی پروژه (اثر بر فرد، اثر بر محیط‌زیست، اثر بر اقتصاد، اثر بر اجتماع) بصورت زوجی نسبت به هم ارزش‌دهی شوند، لذا بعد از ارزش‌گذاری توسط ۱۱ کارشناس خبره در نهایت اوزان بدست آمده از هر جدول وارد



جدول ۶: اوزان بدست آمده از ارزیابی زوجی فاکتورهای ریسک براساس ۴ معیار اصلی پروژه در مرحله دوم

مجموع اوزان	PA1-A2-Z3	PA2-A2-Z3	PA3-A2-Z3	PA4-A2-Z3	PB1-A2-Z2	PA5-A2-Z3	PA6-A2-Z3	PB2-A2-Z2	PA7-A2-Z3	PB3-A2-Z2	PB4-A2-Z2	R-(P) and (RISKS)
7,356	2.241	0.621	0.999	0.192	0.29	0.345	0.78	0.148	1.176	0.248	0.316	حوادث وابسته به عملیات سد سازی
8,741	2.268	0.543	0.861	0.174	0.632	0.864	1.086	0.272	1.368	0.291	0.382	خطاها و اشتباهات انسانی حین و بعد بهره برداری
7,876	0.93	0.24	0.612	1.329	0.738	0.624	0.819	0.774	0.246	0.794	0.77	زمین لغزش
10,22	1.032	1.419	1.284	0.468	0.078	0.355	2.298	0.678	1.83	0.692	0.086	جابجایی و اسکان مجدد مردم
14,265	0.84	3.315	1.992	1.377	0.816	1.065	1.413	0.66	0.783	1.244	0.76	توسعه ی آلودگی به دریاچه سد - لندفیل
16,421	0.714	1.608	1.425	2.46	1.936	2.022	1.224	2.062	0.114	0.93	1.926	سیل
7,234	0.744	0.804	0.96	0.519	0.856	0.394	0.396	0.512	1.053	0.4	0.596	آلودگی ها - لایه بندی حرارتی
11,606	1.113	0.762	0.627	1.137	0.192	0.612	1.356	0.666	3.261	1.62	0.26	اشتغال و درآمد
10,886	0.933	1.809	0.934	0.537	0.692	0.858	0.945	0.854	1.86	0.754	0.71	تغییر کاربری اراضی
20,663	0.819	3.813	2.316	2.722	1.768	2.444	1.707	1.402	0.288	1.118	2.266	زلزله و زمین لرزه القائی



نمودار ۳: اولویت بندی مهمترین ریسکهای شناسایی شده براساس بیشترین تا کمترین اوزان بدست آمده در مرحله دوم

لرزه القائی بترتیب ۳ راه کار (ایجاد سدهای تاخیری و لاستیکی و بخش سیلاب در پایین دست سد- مقاوم سازی و تثبیت دیواره های طبیعی دریاچه سد- مانورهای آموزشی به صورت تخصصی و عمومی، سیستم های اطلاع رسانی هشدار سریع، طراحی اقدامات پدافندی غیرعامل)، ریسک سیل بترتیب ۲ راه کار (اقدامات مهندسی آبخیزداری در حوزه آبریز بالادست دریاچه سد- انجام عملیات مهندسی رودخانه جهت شکستن سرعت سیلاب در بستر پایین دست سد) و در آخر برای ریسک توسعه ی آلودگی به دریاچه

#### بخش سوم

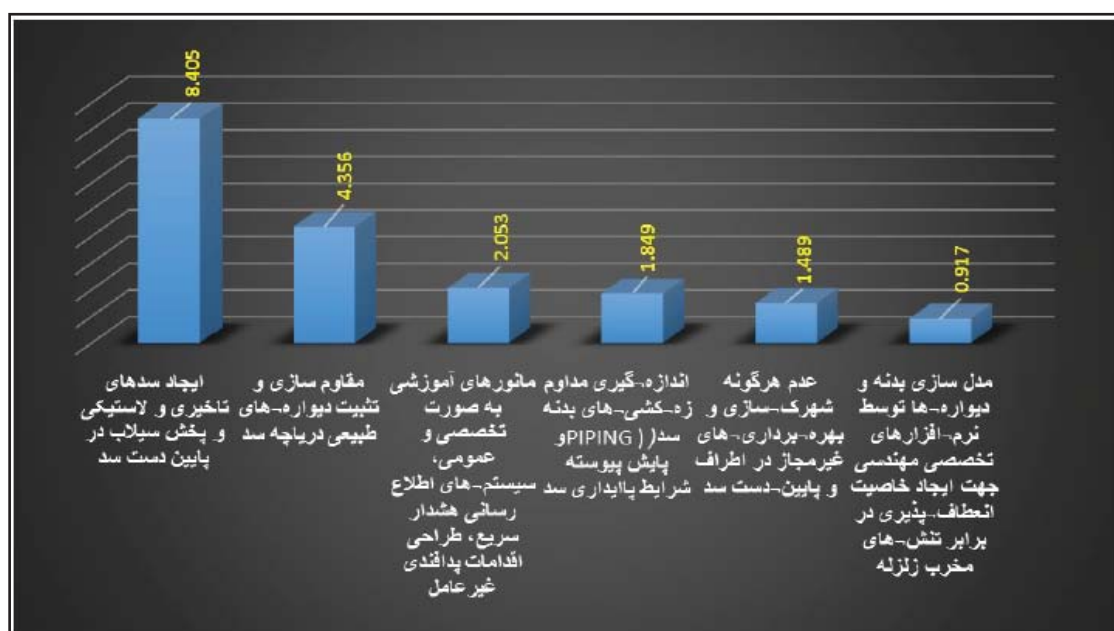
در این مرحله همانطور که گفته شد ۳ ریسک (زلزله و زمین لرزه القائی، سیل و توسعه ی آلودگی) به ترتیب به عنوان مهمترین ریسک های موجود انتخاب شدند و سپس برای هر یک از آنها ۵ الی ۶ راه کار جهت ارزش دهی و ارزیابی کلی وارد پرسشنامه (AHP۳) گشته که این بار توسط ۷ کارشناس خبره به صورت زوجی طبق پرسشنامه های قبل مورد ارزش دهی قرار گرفتند و پس از تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم افزار، در نهایت برای ریسک زلزله و زمین



سد بترتیب ۳ راه کار (تثبیت لندفیل و احداث سد زیرزمینی آب بند برای جلوگیری از جریان شیرابه یا جامدسازی دیوی زیاله با استفاده از تزریق سیمان- ایجاد تصفیه خانه های پیشرفته برای صنایع و مناطق مسکونی و ایجاد ایستگاه های پایش کیفی جریان های سطحی به رودخانه در بالادست سد- ساخت نیروگاه زیاله سوز پیشرفته و بهره مندی از انرژی بدست آمده و امحاء بهداشتی زیاله ها)، به عنوان مهمترین راه کارها جهت مدیریت ریسک بالایای طبیعی و انسان ساخت حاصل از احداث سد هراز شهرستان آمل انتخاب شدند. لازم به ذکر است در انتخاب راه کارهای ریسک سیل ۲ راه کار (مانورهای آموزشی، ایجاد سدهای تاخیری و لاستیکی)، به دلیل یکسان بودن

جدول ۸: اوزان بدست آمده از ارزیابی زوجی راه کارهای مربوط به ریسک زلزله در مرحله سوم

مجموع اوزان	P1-A3-Z3	P2-A3-Z3	P3-A3-Z3	P4-A3-Z2	P5-A3-Z3	P6-A3-Z3	P7-A3-Z2	Solutions earthquake
1,849	0.144	0.447	0.075	0.216	0.453	0.156	0.358	اندازه گیری مداوم زه کشی های بدنه سد (PIPING) و پایش پیوسته شرایط پایبندی سد
8,405	1.302	1.308	1.455	0.932	1.467	1.437	0.504	ایجاد سدهای تاخیری و لاستیکی و پخش سیلاب در پایین دست سد
4,356	0.765	0.705	0.342	0.54	0.582	0.87	0.552	مقاوم سازی و تثبیت دیواره های طبیعی دریاچه سد
2,053	0.48	0.168	0.585	0.166	0.12	0.426	0.108	مانورهای آموزشی به صورت تخصصی و عمومی، سیستم های اطلاع رسانی هشدار سریع، طراحی اقدامات پدافندی غیرعامل
1,489	0.246	0.258	0.138	0.088	0.279	0.228	0.252	عدم هرگونه شهرک سازی و بهره برداری های غیرمجاز در اطراف و پایین دست سد
0,917	0.063	0.114	0.405	0.056	0.099	0.096	0.084	مدل سازی بدنه و دیواره ها توسط نرم افزارهای تخصصی مهندسی جهت ایجاد خاصیت انعطاف پذیری در برابر تنش های مخرب زلزله



نمودار ۴: اولویت بندی راه کارهای ریسک زلزله

جدول ۹: اوزان بدست آمده از ارزیابی زوجی راهکارهای مربوط به ریسک سیل در مرحله سوم

مجموع اوزان	P1-A3-Z3	P2-A3-Z3	P3-A3-Z3	P4-A3-Z2	P5-A3-Z3	P6-A3-Z3	P7-A3-Z2	Solutions Flood
6,709	0.093	1.599	1.065	0.85	1.335	0.945	0.822	اقدامات مهندسی آبخیزداری در حوزه آبریز بالادست دریاچه سد
2,064	0.477	0.333	0.105	0.154	0.156	0.651	0.188	آموزش‌های تخصصی و عمومی و انجام مانور جهت آمادگی و چگونگی مقابله با سیلاب
5,807	1.62	0.702	0.78	0.706	0.942	0.729	0.328	ایجاد سدهای تاخیری و لاستیکی و بخش سیلاب در پایین دست سد
2,91	0.609	0.234	0.54	0.232	0.444	0.315	0.536	انجام عملیات مهندسی رودخانه جهت شکستن سرعت سیلاب در بستر پایین‌دست سد
1,512	0.204	0.132	0.507	0.058	0.126	0.357	0.128	استقرار سیستم‌های هوشمند هشدار سریع سیل



نمودار ۵: اولویت‌بندی راهکارهای ریسک سیل

جدول ۱۰: اوزان بدست آمده از ارزیابی زوجی راهکارهای مربوط به توسعه‌ی آلودگی به دریاچه سد در مرحله سوم

مجموع اوزان	Pv-A3-Z3	P1-A3-Z3	P۵-A3-Z3	P4-A3-Z2	P۲-A3-Z3	P۲-A3-Z3	P1-A3-Z2	Solutions Spill pollution
1.511	0.066	0.126	0.693	0.046	0.069	0.075	0.436	حذف لندفیل زباله و انتقال زباله به منطقه دیگر
6.07	0.502	1.251	0.852	0.752	1.296	1.299	0.118	تنبیت لندفیل و احداث سد زیرزمینی آب‌بند برای جلوگیری از جریان شیرابه یا جامدسازی دیپوی زباله با استفاده از تزریق سیمان
3.9	0.288	0.744	0.699	0.598	0.696	0.753	0.122	ایجاد تصفیه‌خانه‌های پیشرفته برای صنایع و مناطق مسکونی و ایجاد ایستگاه‌های پایش کیفی جریان‌های سطحی به رودخانه در بالادست سد
2.24	0.516	0.45	0.3	0.184	0.303	0.255	0.232	ممنوعیت هرگونه واریز زباله، شهرک‌سازی و بهره‌برداری‌های غیر مجاز و تفریحات آبی در اطراف و بالادست دریاچه سد
1.922	1.248	0.135	0.039	0.094	0.147	0.147	0.112	اطلاع‌رسانی و ارتقاء فرهنگی جامعه جهت حفظ محیط زیست و عدم آلوده-کردن آب دریاچه
3.111	0.129	0.294	0.417	0.328	0.492	0.471	0.98	ساخت نیروگاه زباله سوز پیشرفته و بهره‌مندی از انرژی بدست آمده و امحاء بهداشتی زباله‌ها



نمودار ۶: اولویت بندی راه کارهای ریسک توسعه‌ی آلودگی به دریاچه بر اساس اوزان بدست آمده از پرسشنامه AHP<sup>۳</sup>

### بحث و نتیجه گیری

شهرک‌سازی‌ها یا ویلاسازی‌های غیرمجاز در بالادست دریاچه سد ۲- انباشت پسماندهای گوناگون در اطراف دریاچه سد در بالادست و ازدیاد جمعیت در بالادست دریاچه سد ۳- انتقال رسوبات آلوده از بالادست دریاچه سد می‌باشد که با نتایج این پروژه تا حدی مشابهت دارد. (حافضی مقدس و عسکری، ۱۳۸۴)، پدیده زمین‌لرزه القائی مرتبط با برخی از سدهای بزرگ ایران را مورد بررسی قرار دادند که در نهایت به این نتیجه دست یافتند که این پروژه‌های عظیم عمرانی با حجم بالای آبی که در پشت سد نگهداری می‌شود، در مناطق مختلف باعث ایجاد زمین‌لرزه‌های القائی متعددی خواهد شد که حتی باعث تغییراتی در بزرگای گسل‌های موجود در بستر زیرین و اطراف مخزن سد خواهد شد، که با نتایج این پروژه تا حد زیادی مشابهت دارد. (ژوهان جکسون، ۲۰۰۶)، ریسک سدهای بزرگ چین را بررسی نمود و در نهایت خطر زلزله و زمین لرزه القائی را در این سدها به عنوان مهمترین ریسک شناسایی شد، که با نتایج این پروژه تا حد زیادی مشابهت دارد. (دنست، ۲۰۱۳)، اثرات بالقوه ریسک زیست‌محیطی دریاچه سدهای چین را بررسی نمود و در نهایت یکی از مهمترین ریسک‌ها، آلوده شدن آب دریاچه توسط انتقال یا نفوذ فلزات سنگین بوده که از طریق فعالیت‌های انسانی، تجمع پسماندهای صنعتی و شهری در اطراف دریاچه صورت گرفته

با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته در این تحقیق، نتایج بدست آمده با برخی از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه مشابهت و با برخی دیگر مشابهت ندارد که توضیحات به شرح ذیل می‌باشد:

(منصوری و همکاران، ۱۳۸۴)، مزایا و معایب سد از دیدگاه محیط‌زیست را بررسی کرده و به این نتیجه دست یافتند که یکی از مهمترین ریسک‌های سدها بررسی سیل و آب‌های جاری می‌باشد که با نتایج این پروژه تا حد زیادی مشابهت دارد. (جوزی و مالیر، ۱۳۹۲)، ریسک محیط‌زیستی سد پلرود را با استفاده از مدل (AHP) مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و در نهایت ریسک‌های مربوط به فیزیک و شیمیایی-اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی-بیولوژیکی-ایمنی و بهداشتی را بر اساس اوزان بدست آمده انتخاب و اولویت‌بندی نمودند که در این ارزیابی زلزله-سیل-لایه‌بندی حرارتی و زمین لغزش به عنوان مهمترین ریسک‌ها انتخاب شدند که تا حدود زیادی با نتایج این پروژه تا حد زیادی مشابهت دارد. (شبانکاری و حلیان، ۱۳۸۸)، اثرات زیست‌محیطی دریاچه سد زاینده‌رود را مورد بررسی قرار دادند که در نهایت عوامل آلوده‌کننده دریاچه سد که عامل انتقال آلودگی به دریاچه می‌بودند عم از: ۱-



که با نتایج این پروژه تا حد زیادی مشابهت دارد.

همچنین تحقیقات غیرمشابه عبارتند از:

(خضرای، ۱۳۹۰)، آثار مخرب زیست محیطی سدها را مورد بررسی قرار داده و در نهایت به این نتیجه دست یافت که مهمترین ریسکها شامل: ۱- شوری اراضی ۲- تلفات آبی ۳- جابجایی و اسکان مجدد مردم ۴- تامین آب مورد نیاز ۵- کاهش کیفیت، می باشد که با نتایج این پروژه مشابهت ندارد. (جوزی و همکاران، ۱۳۸۹)، ریسک محیط زیستی سد بلارود خوزستان را با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد بررسی قرار دادند که در نهایت به این نتیجه دست یافتند که عملیات اکبرداری و خاکریزی در محدوده سد بلارود به عنوان مهمترین ریسک زیست محیطی محسوب می شود که با نتایج این پروژه مشابهت ندارد. (هال و هیولت، ۲۰۰۳)، ریسکهای موجود در پروژه های سدسازی را مورد بررسی قرار دادند که در نهایت فاکتور عدم اطمینان در پروژه های سدسازی را بعنوان مهمترین عامل انتخاب شد که با نتایج این پروژه مشابهت ندارد. (ژوهان، ۲۰۰۶)، اثرات زیست محیطی احداث سدهای Akosombo و Kpony در غنا را مورد بررسی قرار دادند که در نهایت به این نتیجه دست یافتند که ۱- جنگل زدایی ۲- فرسایش خاک، بعنوان مهمترین ریسک های این دوست می باشند، که با نتایج این پروژه مشابهت ندارد.

همانطور که گفته شد هدف از انجام این پروژه، مدیریت ریسک بلایای طبیعی و انسان ساخت حاصل از احداث سد هراز شهرستان آمل می باشد که با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP انجام شده است، که در این روش ۳ نسخه پرسشنامه در طی ۳ مرحله توسط ۱۱ کارشناس خبره در ۴ جدول مجزا ارزش دهی شدند.

- در مرحله اول از بین ۱۹ فاکتور ریسک، ۱۰ فاکتور به ترتیب شامل (توسعه آلودگی به دریاچه سد "لندفیل" - حوادث وابسته به عملیات سد سازی - خطاها و اشتباهات انسانی قبل، حین و بعد بهره برداری - زلزله و زمین لرزه القائی - اشتغال و درآمد - تغییر کاربری اراضی - آلودگی ها - جابجایی و اسکان مجدد مردم - سیل - زمین لغزش) با اوزان (۱۱/۴۶۷ - ۱۱/۰۵۷ - ۹/۷۴۰ - ۸/۹۳۵ - ۶/۹۱۴ - ۶/۴۳۰ - ۶/۲۳۲ - ۶/۰۹۶ - ۴/۷۲۶ - ۳/۶۷۰)، به عنوان محتمل ترین ریسکها جهت ورود به نسخه

دوم پرسشنامه انتخاب و اولویت بندی شدند. همچنین در مرحله اول معیارهای اصلی یا همان شاخص های کلیدی بر حسب اهمیت اثرگذاری اولویت بندی شدند که به ترتیب شامل (اثر بر فرد - اثر بر محیط زیست - اثر بر اقتصاد - اثر بر اجتماع) با اوزان (۱۰/۱۵۷ - ۹/۴۹۰ - ۵/۸۹۵ - ۴/۳۲۵)، می باشد.

- در مرحله دوم پس از ارزش دهی به ۱۰ فاکتور ریسک و آنالیز پرسشنامه ها توسط نرم افزار، از بین ۱۰ فاکتور در نهایت ۳ تا از مهمترین ریسک های مربوط به سد هراز انتخاب و اولویت بندی شدند که به ترتیب شامل (زلزله و زمین لرزه القائی - سیل - توسعه آلودگی به دریاچه سد) با اوزان (۲۰/۶۶۳ - ۱۶/۴۲۱ - ۱۴/۲۶۵)، می باشد.

- در مرحله سوم راه کارهای ارائه شده برای هر ریسک براساس دوام و اثرگذاری نسبت به هم ارزش گذاری شدند که در نهایت برای ریسک زلزله راه کارهای (ایجاد سدهای تاخیری و لاستیکی و پخش سیلاب در پایین دست سد - مقاوم سازی و تثبیت دیوارهای طبیعی دریاچه سد - مانورهای آموزشی، سیستم های اطلاع رسانی هوشمند و اقدامات پدافندی غیرعامل) به ترتیب با اوزان (۸/۴۰۵ - ۴/۳۵۶ - ۲/۰۵۳)، همچنین برای ریسک سیل راه کارهای (اقدامات مهندسی آبخیزداری در حوزه آبریز بالادست دریاچه سد - انجام عملیات مهندسی رودخانه جهت شکست سرعت سیلاب در بستر پایین دست سد) به ترتیب با اوزان (۶/۷۰۹ - ۲/۹۱۰) و در نهایت برای ریسک توسعه آلودگی به دریاچه سد گزینه های (تثبیت لندفیل و احداث سد زیرزمینی آب بند و جامدسازی دیپوی زباله با استفاده از تزریق سیمان - ایجاد تصفیه خانه های پیشرفته برای مناطق مسکونی و صنعتی، ایجاد ایستگاه های پایش کیفی جریان های سطحی به رودخانه هراز در بالادست سد - ساخت نیروگاه زباله سوز پیشرفته و بهره مندی از انرژی بدست آمده همراه با امحاء بهداشتی زباله ها) به ترتیب با اوزان (۶/۰۷۰ - ۳/۹۰۰ - ۳/۱۱۱) به عنوان مهمترین راه کارهای موثر جهت مدیریت صحیح این ریسکها انتخاب و اولویت بندی شدند.

#### پیشنهادات

۱- به علت حجم بالای آب در مخزن سد هراز که در آینده می توان شاهد بروز پدیده های لایه بندی حرارتی و اثرات منفی آن بر

سدسازی ایران را با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، ایران، کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. [http://www.civilica.com/Paper-IPMC05-IPMC05\\_024.html](http://www.civilica.com/Paper-IPMC05-IPMC05_024.html)  
سازمان آب منطقه‌ای شهرستان ساری. (۱۳۹۴). سیمای سدهراز، ۷ ص.

#### منابع انگلیسی

- Theoneste. N. & partners. (2013). Polution and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in a lake Dam, Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University. e-mail: guo0768@cqu.edu.cn. <http://www.pjoes.com/pdf/22.4/Pol.J.Environ.Stud.Vol.22.No.4.1129-1134.pdf>
- Tahmiscioglu & partners. (2007). Posttve and Negative Impacts of Dams on the Environmental, Deputy of the Head of Department, State Hydraulic Works General Directorate, State Hydraulic Works General Directorate 06100 Yucetepe/Ankara. saitt@dsi.gov.tr. <https://pdfs.semanticscholar.org/905f/e3883184c9657cb35fe98e92297b29fe3917.pdf>
- Young Hoon. K. & partners. (2013). What can we learn from the Hoover Dam project that influenced modern project management?. <http://www.pjoes.com/pdf/22.4/Pol.J.Environ.Stud.Vol.22.No.4.1129-1134.pdf>
- Dr. Johan. E. Professor Erik. J. (2006). Assessing the Environmental impacts of a Hydropower project: the case of Akosombo/ Kpong dams in Chana. Master of science Thesis Stockholm, Sweden ISSN 1651-064X, LWR-EX-06-04. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S.1364032116310462.pdf>
- Dr. H. Dr. H. (2002). Universal Risk project final report. Available. dhall@pop300.gsfc.nasa.gov. [https://02f0a56ef46d93f03c90-22ac5f107621879d5667e0d7ed595bdb.ssl.cf2.rackcdn.com/sites/785/uploads/7224/Universal\\_Rlks\\_Project\\_Final\\_Report\\_Feb\\_200220151002-4513-tsh2gk.pdf](https://02f0a56ef46d93f03c90-22ac5f107621879d5667e0d7ed595bdb.ssl.cf2.rackcdn.com/sites/785/uploads/7224/Universal_Rlks_Project_Final_Report_Feb_200220151002-4513-tsh2gk.pdf)
- Jackson. J. (2012). Earthquake Hazards and large Dams in western china, Probe International Editor: Patricia Adams. PROBE INTERNATIONAL EDITOR: PATRICIA ADAMS. <http://probeinternational.org/library/wp-content/uploads/2012/04/JohnJacksonFinalReport.pdf>

محیط زیست بود، جهت بررسی‌های دقیق‌تر و تعیین روش‌های موثر کنترلی و همچنین مدیریت ریسک این پدیده مخرب در دریاچه سدهراز، به محققین پیشنهاد می‌گردد.

۲- با برآوردی که کارشناسان از خطر سرازیر شدن آب دریاچه سدهراز در شرایط بحرانی کرده‌اند، این ریسک می‌تواند شهر و روستاهای اطراف را به ارتفاعی حدود ۱۰ متر به زیر آب فرو برد که این امر موجب خسارات مالی و جانی جبران‌ناپذیری خواهد شد، لذا بررسی دقیق اقدامات امنیتی، چگونگی مقابله، ایجاد طرح‌های عمرانی موثر در زمان بروز سیلاب مخرب در حوزه پایین دست سد، برای محققین جهت مدیریت این ریسک پیشنهاد می‌گردد.

۳- بدلیل بهره‌برداری‌های غیر مجاز از دامنه‌های اطراف مخزن سد و کوه‌های اطراف که موجب ناپایداری این نواحی شده است، لذا جهت بررسی‌های دقیق‌تر و کنترل پدیده زمین‌لغزش (لنداسلاید) در اطراف حوزه دریاچه سدهراز به محققین پیشنهاد می‌گردد.

۴- به دلیل استقرار پروژه سد در شمال گسل البرز و بین گسل چلاو و منگل که از نوع گسل‌های فعال و معکوس می‌باشند، می‌توان این مسئله را به عنوان یک خطر جدی و پنهان در بستر زیرین سد دانست، بنابراین شبیه‌سازی رفتار مخزن سد توسط نرم‌افزارهای مهندسی زلزله در صورت فعال شدن گسل‌ها با توجه به نوع رفتار آنها، جهت پیش‌بینی، اقدامات کنترلی، پایدارسازی در بخش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای و حفظ ایمنی سد در سطوح مختلف، به محققین پیشنهاد می‌گردد.

#### منابع

##### منابع فارسی

- پیرستانی، محمدرضا، شفقته، مهدی. (۱۳۸۸). آثار زیست‌محیطی ناشی از احداث سدها، دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران، ایران، فصلنامه پژوهشی جغرافیای انسانی، سال اول، شماره ۳. [http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J\\_pdf/24513880304.pdf](http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/24513880304.pdf)
- برهان، منصور، ابراهیم‌پور، محمد، برامکی یزدی، رحیمه. (۱۳۸۴). مزایا و معایب احداث سد از دیدگاه محیط زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران. <http://irandaneshjoo.fileina.com/card.aspx?productid=53264>
- شول، عباس، فتحی‌زاده علیرضا. (۱۳۸۹). ریسک عدم اطمینان در پروژه‌های