JEHE Journal of Environmental Health Engineering , 2026; 13(4):393-411 Original Article
Alborz University of Medical Sciences

Assessment and prioritization of environmental risks in the Western oil and gas industries using fuzzy AHP (FAHP)

Received: 03 November 2025, Accepted: 29 November 2025

Hamidreza Nazari[1], Soheil Sobhanardakani[2*]

[1] *M.Sc. in Health, Safety & Environmental Engineering, Department of the Environment, Ha.C., Islamic Azad University, Hamedan, Iran*

[2] *Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of the Environment, Ha.C., Islamic Azad University, Hamedan, Iran*

***Corresponding Author:**
s_sobhan@iau.ac.ir

How to Cite This Article:

Nazari H, Sobhanardakani S. Assessment and prioritization of environmental risks in the Western oil and gas industries using fuzzy AHP (FAHP). Journal of Environmental Health Engineering. 2026;13(4):393-411.

DOI:
10.66224/jehe.13.4.393

ABSTRACT

Background: As the largest energy production sector in the world, the oil and gas industries have always faced many environmental challenges that can have adverse consequences for human health and natural ecosystems. Therefore, this study was conducted to assess and prioritize of environmental risks in the Western oil and gas industries using fuzzy AHP (FAHP)

Materials and Methods: In this descriptive study, by using the fuzzy AHP (FAHP), environmental risks were identified and weighted. In so doing, the criteria and sub-criteria including air pollution, water pollution, soil contamination, habitat destruction, noise pollution, long-term risks, and industrial wastes were identified and prioritized by 30 experts. For this purpose, data were collected by a fuzzy pairwise comparison questionnaire and then analyzed using the FAHP method. SPSS version 20 was used for statistical processing and and analysis of the data.

Results: The results showed that, with the exception of two cases which achieved the necessary consistency rate after modification, all matrices had CR ≤ 0.1, which indicates the high validity of the results and the accuracy of the method used. Also, "chemical leakage into water," "potentially toxic elements in soil," and "destruction of forest ecosystems" had the greatest weight and importance among the identified environmental risks. Therefore, for optimal management of the identified risks, it is recommended to conduct regular and systematic monitoring of water and soil resources, reduce construction activities in forest areasand sensitive habitats, and also require the use of anti-leakage systems in pipelines.

Conclusion: As the results showed, by determining management priorities, it is possible to optimally allocate resources, provide effective mitigation solutions for each risk, and design monitoring and implementation plans based on the relative importance of each risk. Therefore, for optimal management of the identified risks, it is recommended to conduct regular and systematic monitoring of water and soil resources, reduce construction activities in forest areas and sensitive habitats, and also require the use of anti-leakage systems in pipelines.

Sensitivity analysis confirmed that water and soil-related risks remained stable across different scenarios and required urgent management attention. Thus, this study provides a systematic framework for prioritizing environmental risk management, which can be applied by policymakers and industrial managers to implement sustainable development strategies and reduce negative environmental impacts.

Keywords: Environmental pollution, Environmental risks, Oil and gas industries, FAHP, West of Iran

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

Copyright © 2026 The Authors.
Published by Alborz University of Medical Sciences
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).Non-commercial uses of the work are permitted,provided the original work is properly cited.

JEHE مجله مهندسی بهداشت محیط، دوره ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات ۳۹۳ تا ۴۱۱ مقاله پژوهشی
Alborz University of Medical Sciences

ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز غرب با استفاده از روش AHP فازی (FAHP)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۸

حمیدرضا نظری[۱]، سهیل سبحان اردکانی[۲*]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

[۲] دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، استاد گروه محیط‌زیست، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: صنایع نفت و گاز به‌عنوان بزرگ‌ترین بخش تولید انرژی در جهان، همواره با چالش‌های محیط‌زیستی زیادی مواجه بوده‌اند که می‌تواند پیامدهای نامطلوبی برای سلامت انسان و بوم‌سازگان‌های طبیعی به‌دنبال داشته باشد. در نتیجه، این پژوهش با هدف ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز غرب انجام شد.

مواد و روش ها: در این پژوهش توصیفی، با استفاده از روش AHP فازی (FAHP)، برای شناسایی و وزن‌دهی ریسک‌های محیط‌زیستی در منطقه مورد مطالعه، نسبت به شناسایی و اولویت‌دهی به معیارها و زیرمعیارهای مورد مطالعه شامل آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، تخریب زیستگاه‌ها، آلودگی صوتی، ریسک‌های طولانی‌مدت و پسماندهای صنعتی با استفاده از نظرات ۳۰ متخصص HSE، محیط‌زیست و صنایع نفت و گاز در منطقه غرب ایران شناسایی و اقدام شد. بدین منظور، داده‌ها توسط پرسش‌نامه مقایسه زوجی فازی جمع‌آوری و سپس با استفاده از روش AHP فازی تحلیل شدند. برای پردازش آماری داده‌ها نیز از نسخه ۲۰ نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که به استثنای دو مورد که پس از اصلاح، سازگاری لازم را کسب کردند، همه ماتریس‌ها از CR ≤ ۰/۱ برخوردار بودند که این موضوع اعتبار بالای نتایج و دقت روش به‌کارگرفته‌شده را نشان داد. همچنین، «نشت مواد شیمیایی در آب»، «عناصر سمی در خاک»، و «تخریب بوم‌سازگان‌های جنگلی»، از بیش‌ترین وزن و اهمیت در میان ریسک‌های محیط‌زیستی برخوردار بودند.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که با تعیین اولویت‌های مدیریتی، می‌توان نسبت به تخصیص بهینه منابع، ارایه راهکارهای کاهشی مؤثر برای هر ریسک و طراحی برنامه‌های نظارتی و اجرایی بر اساس اهمیت نسبی هر ریسک اقدام کرد. لذا، برای مدیریت بهینه ریسک‌های شناسایی شده، نسبت به پایش منظم و سیستماتیک منابع آبی و خاکی، کاهش فعالیت‌های عمرانی در مناطق جنگلی و زیستگاه‌های حساس و الزام نصب سیستم‌های ضدنشت در خطوط لوله توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: آلودگی محیط‌زیست، ریسک‌های محیط‌زیستی، صنایع نفت و گاز، AHP فازی، غرب ایران

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
s_sobhan@iau.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله:

Nazari H, Sobhanardakani S. Assessment and prioritization of environmental risks in the Western oil and gas industries using fuzzy AHP (FAHP). Journal of Environmental Health Engineering. 2026;13(4):393-411.

DOI:
10.66224/jehe.13.4.393

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

مقدمه

انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا، نشت نفت به خاک و منابع آبی، و تهدید سلامت انسان و گونه‌های گیاهی و جانوری از جمله ریسک‌های اصلی محیط‌زیستی مرتبط با صنایع نفت و گاز هستند. انتشار گازهایی مانند دی‌اکسید کربن، متان و اکسیدهای نیتروژن، علاوه بر تاثیرات محیط‌زیستی، در تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی نیز نقش دارند. به‌همین دلیل، شناسایی دقیق این ریسک‌ها و تعیین اولویت‌های مدیریتی آن‌ها برای کاهش اثرات محیط‌زیستی از اهمیت بسزا برخوردار است[1,2].

از دیگر سو، فرآیندهای استخراج و حفاری نیز معمولاً منجر به تخریب زیستگاه‌های طبیعی می‌شوند. به طوری‌که ساخت تأسیسات جدید و فعالیت‌های مرتبط با حفاری، جنگل‌ها و مراتع طبیعی را از بین برده و باعث کاهش تنوع‌زیستی می‌شود که این موضوع به‌خصوص در مناطقی با گونه‌های نادر و در حال انقراض تأثیرات جبران‌ناپذیری به‌همراه دارد. به‌همین دلیل، برنامه‌ریزی برای حفاظت از تنوع‌زیستی و کاهش اثرات تخریبی این صنایع بر زیست‌بوم‌های طبیعی ضروری است[3].

این در حالی است که آلودگی صوتی نیز از جمله دیگر مشکلات محیط‌زیستی مترتب با صنایع نفت و گاز است که به‌دلیل عملیات حفاری و فعالیت‌های صنعتی حادث می‌شود. آلودگی صوتی می‌تواند باعث ایجاد استرس در جانوران و تأثیرات منفی بر روی الگوهای زیستی و رفتاری آن‌ها شود. لذا، مدیریت آلودگی صوتی به‌منظور کاهش اثرات منفی بر حیات‌وحش و محیط‌زیست امری حیاتی است[4].

یکی از چالش‌های دیگر، آلودگی خاک در اطراف تأسیسات نفت و گاز است که می‌تواند به نابودی زمین‌های زراعی و کاهش بهره‌وری کشاورزی منجر شود. آلودگی خاک علاوه بر این‌که می‌تواند محیط‌زیست را تهدید کند، به‌طور مستقیم بر معیشت مردم محلی نیز اثر می‌گذارد. بنابراین، شناسایی منابع آلودگی و اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از گسترش آلودگی خاک از ضروریات مدیریت محیط‌زیستی است[5].

از طرفی در صنایع نفت و گاز، مواد شیمیایی و عناصر بالقوه سمی مانند سرب و جیوه به محیط‌زیست وارد می‌شوند که می‌توانند به‌مرور زمان به زنجیر غذایی وارد و اثرات منفی بر سلامت انسان‌ها و حیوانات بگذارند. بنابراین، کنترل و پایش مداوم این مواد و مدیریت خطرات ناشی از آن‌ها برای حفاظت از سلامت عمومی و محیط‌زیست اهمیت ویژه‌ای دارد[6].

تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی یکی دیگر از مخاطراتی است که ارتباط مستقیمی با فعالیت‌های نفت و گاز دارند. به‌طوری‌که با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای از این صنعت، فرآیندهای طبیعی تغییریافته و تهدیدات محیط‌زیستی جدیدی به‌وجود می‌آید که برای مقابله با این چالش، استفاده از فناوری‌های سبز و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی به‌عنوان راهکارهای مؤثر پیشنهاد می‌شود[7].

برای مواجهه با این چالش‌ها، لازم است که ریسک‌های محیط‌زیستی موجود در صنایع نفت و گاز به‌صورت سیستماتیک شناسایی و رتبه‌بندی شوند تا تمهیدات مدیریتی بهتری برای کاهش اثرات مخرب اندیشیده شود. لذا، فرآیند شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها باید طوری باشد که علاوه بر توجه به اثرات فعلی، اثرات طولانی‌مدت و قابلیت تهدیدات محیط‌زیستی در آینده را نیز مدنظر قرار دهد[8]. در این خصوص، تدوین و اجرای سیاست‌های محیط‌زیستی مناسب و پایدار در این صنایع با همکاری دولت‌ها، شرکت‌ها و جوامع محلی می‌تواند به مدیریت مؤثر ریسک‌های محیط‌زیستی صنایع نفت و گاز منجر شود که این موضوع نیازمند ترکیبی از آموزش، فناوری‌های نوین و سیستم‌های پایش و نظارت دقیق است تا بتوان از آسیب‌های محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز جلوگیری کرد و به‌سمت توسعه پایدار گام برداشت[9].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

تاکنون در خصوص شناسایی و رتبه‌بندی مخاطرات و ریسک‌های محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز چندین مطالعه انجام یافته است. برای مثال، بندرجا و جوزی (۲۰۱۴) با ارزیابی ریسک بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی واحد هیدروکراکر شرکت پالایش نفت بندرعباس به‌روش EFMEA گزارش کردند که کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین جنبه ریسک محیط‌زیستی در زمان تعمیرات اساسی به‌ترتیب از عدد اولویت ریسک (RPN) برابر با ۲۴ و ۳۴۳ برخوردار بوده‌اند[۱۰]. از طرفی، کشارو و ثقه الاسلامی (۲۰۱۶) با شناسایی و مطالعه مخاطرات فرآیندی و محیط‌زیستی در واحد تانک فارم پالایشگاه گاز شهید هاشمی‌نژاد سرخس با روش HAZOP نتیجه گرفتند که نصب تجهیزات هشداردهنده و آموزش پرسنل می‌تواند عدد ریسک را تا حد قابل قبول کاهش دهد[۱۱]. عسکری و همکاران (۲۰۱۶) با شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های بالادستی نفت و گاز در ایران با استفاده از قالب ساختار شکست ریسک (RBS) و تکنیک تاپسیس (TOPSIS)، ۶۰ ریسک مرتبط را شناسایی کردند[۱۲]. نتایج پژوهشی که در آن نسبت به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی یک منطقه بهره برداری نفت و گاز مبتنی بر رویکرد فازی و تصمیم‌گیری چند شاخصه اقدام شد، نشان داد که تولید فاضلاب خانگی به‌علت عدم وجود سیستم دفع فاضلاب مناسب، از بالاترین اولویت و جنبه محیط‌زیستی ریخت و پاش اسید به‌خاطر فعالیت شست‌وشوی چیلر از اولویت دوم در بین جنبه‌های محیط‌زیستی شناسایی شده برخوردار بودند[۱۳]. در پژوهشی که با هدف ارزیابی کمی ریسک و کاهش ریسک فرآیند غنی‌سازی گاز اسیدی و احیای یکپارچه آمین با استفاده از شبیه‌سازی دینامیکی Aspen Plus انجام یافت گزارش شد که پیچیدگی فرآیند یکپارچه ارزیابی شده از قابلیت تعمیم روش دینامیکی HAZOP برای دستیابی به نتایج جدید در تحلیل خطرات فرآیندهای شیمیایی برخوردار بوده و بنابراین می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید برای متخصصان ایمنی فرآیند عمل کند[۱۴]. نتایج پژوهش حیدری و همکاران (۲۰۲۲) که نسبت به ارزیابی و مدیریت ریسک شرکت گاز استان کرمانشاه با استفاده از روش HAZOP اقدام کردند نشان داد که از حدود ۲۸۲ ریسک شناسایی شده، سه ریسک غیرقابل قبول و ۱۱۱ ریسک نیز مشروط بوده که باید بدون تأخیر حذف شوند[۱۵]. لذا نظر به اهمیت موضوع، این پژوهش برای اولین بار در غرب ایران با استفاده از روش FAHP برای شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی صنایع نفت و گاز غرب به‌منظور ارائه چارچوب یکپارچه مدیریتی با استناد به داده‌های محلی و نظرات کارشناسان بومی انجام یافت.

این تعداد بر اساس ضروریات انجام روش FAHP فازی و تجربه‌های موفق این روش در مطالعات قبلی) تعیین شده است. در مطالعات مرتبط با این روش، اغلب از نمونه‌های ۲۰ تا ۳۰ نفره استفاده می‌شود که از لحاظ آماری و عملی، اعتبار لازم برای ارزیابی‌های کارشناسی را فراهم می‌کند.

افراد شرکت‌کننده در این پژوهش از لحاظ جمعیت‌شناسی دارای ویژگی‌های زیر خواهند بود:

أ. شغل: مهندس محیط‌زیست، مهندس HSE، مدیر ایمنی و بهداشت، متخصص ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، محقق در حوزه توسعه پایدار و انرژی.

ب. سطح تحصیلات: حداقل کارشناسی ارشد و حداکثر دکتری تخصصی در رشته‌های مرتبط.

ج. محل فعالیت: واحدهای صنعتی، شرکت‌های نفت و گاز، مراکز پژوهشی، دانشگاه‌ها و سازمان‌های محیط‌زیستی در منطقه غرب ایران.

د. تخصص اصلی: مدیریت ریسک، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، ایمنی صنعتی، و مدیریت توسعه پایدار.

مواد و روش‌ها

روش اجرای پژوهش

در این پژوهش توصیفی، بعد از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و انتخاب هفت معیارها اصلی و ۲۲ زیرمعیار (جدول ۱)، بر اساس ضروریات انجام روش AHP فازی (Fuzzy

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

Analytic Hierarchy Process) با استناد به الگوی مورد استفاده در پژوهش چلنگ (۱۹۹۶)[۱۶] و همچنین بر اساس ضروریات انجام روش FAHP و تجربه‌های موفق این روش در مطالعات قبلی، در مجموع ۳۰ نفر از متخصصان و کارشناسان حوزه‌های محیط‌زیست، ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، و مهندسین صنایع نفت و گاز منطقه غرب ایران (واحد پالایشگاهی ایلام، شرکت بهره‌برداری نفت و گاز غرب، شرکت نفت کرمانشاه، شرکت نفت لرستان و شرکت گاز لرستان) با حداقل تحصیلات کارشناسی ارشد و پنج سال سابقه کار عملی یا پژوهشی در حوزه مدیریت ریسک‌ها و ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز و همچنین ایمنی صنعتی، و مدیریت توسعه پایدار، و آشنا با شرایط خاص محیط‌زیستی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه، بر اساس روش نمونه‌گیری هدفمند (Purposive Sampling) به‌عنوان جامعه آماری انتخاب شدند که این افراد به‌دلیل برخورداری از تجربه لازم، قادر به ارائه دیدگاه‌های علمی و تخصصی در زمینه شناسایی و وزن‌دهی دقیق به معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر ریسک‌های محیط‌زیستی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و به‌ویژه روش FAHP برای تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی و مقایسه زوجی (Pairwise Comparison) معیارها بودند. بدین منظور، با طراحی پرسش‌نامه مقایسه زوجی فازی واجد گویه‌هایی در خصوص مشخصات جمعیت‌شناسی شرکت‌کنندگان؛ مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارها با استفاده از مقیاس فازی مثلثی (Low, Medium, and High)؛ و ارایه راهکارهای مدیریتی، نسبت به پردازش داده‌ها با استفاده از روش FAHP طی مراحل زیر اقدام شد:

۱. تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی

در این مرحله، اهداف، معیارهای اصلی (آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی، پسماندهای صنعتی، تخریب زیستگاه‌ها و ریسک‌های طولانی‌مدت) و زیرمعیارها به‌صورت یک ساختار سلسله‌مراتبی شکل گرفتند.

۲. تشکیل ماتریس مقایسه زوجی فازی

در این گام، خبرگان با استفاده از مقیاس فازی مثلثی، معیارها و زیرمعیارها را نسبت به هم مقایسه کردند که این مقایسه‌ها به‌صورت ماتریس‌های زوجی فازی ثبت شدند.

۳. محاسبه وزن‌های فازی

در این مرحله، با استفاده از الگوریتم‌های FAHP، وزن‌های فازی معیارها و زیرمعیارها محاسبه شدند[۱۶]. بدین صورت که در این گام، جمع‌بندی مقایسه‌ها، محاسبه مقدار فازی، و در نهایت تبدیل آن‌ها به عدد قطعی انجام شد.

۴. بررسی سازگاری ماتریس‌ها

بدین منظور، در صورت وجود ماتریس‌های مقایسه زوجی، نرخ سازگاری (Consistency Ratio; CR) محاسبه شد. یعنی در صورت CR > ۰/۱، ماتریس ناسازگار و نیازمند اصلاح و بررسی مجدد ارزیابی شد. لذا، با انجام این مرحله، عدم سازگاری‌های نظرات کارشناسی شناسایی و اصلاح شدند[۱۶].

بدین منظور، روش Chang's FAHP فازی برای محاسبه نرخ سازگاری و همچنین، شناسایی و حذف ماتریس‌های ناسازگار و اطمینان از دقت و روایی داده‌های جمع‌آوری‌شده در همه ماتریس‌های مقایسه زوجی انجام‌شده توسط خبرگان مورد استفاده قرار گرفت که این شاخص از نسبت شاخص سازگاری (Consistency Index; CI) بر شاخص تصادفی (Random Index; RI) محاسبه شد (روابط ۳-۱ و ۳-۲):

رابطه ۳-۱

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

رابطه ۳-۲

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

در روابط ۳-۱ و ۳-۲:

RI نشان‌دهنده مقدار تصادفی استاندارد بر اساس اندازه ماتریس و n نیز تعداد معیارها/زیرمعیارها در هر ماتریس را نشان می‌دهد.

۵. رتبه‌بندی ریسک‌ها

در این گام و با استفاده از وزن‌های محاسبه‌شده، ریسک‌های محیط‌زیستی رتبه‌بندی و اولویت‌بندی شدند که این رتبه‌بندی به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان محیط‌زیستی کمک می‌کند تا بهترین اقدامات مدیریتی را انتخاب کنند.

۶. تفسیر نتایج و ارائه راهکارهای مدیریتی

در این مرحله، با تحلیل و تفسیر نتایج حاصل از FAHP، راهکارهای عملی و قابل اجرا برای کاهش ریسک‌های بالقوه در صنایع نفت و گاز غرب ایران ارائه شدند. به‌طور کلی، برای تصمیم‌گیری نهایی، وزن فازی با استفاده از روش دیفازی‌سازی (Defuzzification) به یک عدد قطعی تبدیل شد که این عدد شاخص تصمیم‌گیری وزن نهایی هر معیار محسوب شد.

۷. اعتبارسنجی نتایج

در این گام، نتایج به‌دست‌آمده از طریق نظرات متخصصان و مقایسه با استانداردهای ISO 14001 و EIA اعتبارسنجی شدند تا از قابل اتکا و قابل اجرا بودن نتایج اطمینان حاصل شود.

پردازش آماری داده‌ها

در این پژوهش، برای پردازش آماری داده‌ها از نسخه ۲۰ نرم‌افزار SPSS استفاده شد. بدین صورت‌که برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. همچنین، با تکنیک‌های موجود در آمار توصیفی مانند جداول توزیع فراوانی و محاسبه شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، و درصد فراوانی، وضعیت موجود با توجه به نمونه مورد مطالعه تشریح شد. علاوه بر این، برای انجام تحلیل‌های AHP وFAHP به‌ویژه اولویت‌بندی وزن‌دهی نهایی معیارها از نسخه ۳/۲ نرم‌افزار Super Decisions استفاده شد.

از طرفی، برای اطمینان از روایی (Validity) و پایایی (Reliability) ابزار پژوهش یعنی پرسش‌نامه، به شکل ذیل عمل شد:

روایی پرسش‌نامه با استفاده از روش روایی محتوایی (Content Validity) تضمین شد. بدین صورت که پرسش‌نامه ابتدا توسط خبرگان مورد بررسی قرار گرفت و پس از اعمال اصلاحات، در قالب پیش‌آزمون (Pilot Study) بین چند نفر از افراد خارج جامعه آماری توزیع شد. سپس، ضریب آلفای کرونباخ (Cronbach's Alpha) برای سنجش همگنی سؤالات محاسبه شد.

پایایی این پژوهش نیز با استفاده از نرخ سازگاری در روش FAHPو همچنین ضریب آلفای کرونباخ در بخش آماری ارزیابی شد. لازم به‌ذکر است که در صورت وجود ناهماهنگی در نظرات خبرگان، ماتریس‌ها اصلاح و دوباره ارزیابی شدند.

نمای دیداری ساختار ارزیابی در این پژوهش به‌عنوان «نقشه راه» در ارزیابی ریسک برای تصمیم‌گیری شفاف و نظام‌مند در شکل ۱ آورده شده است.

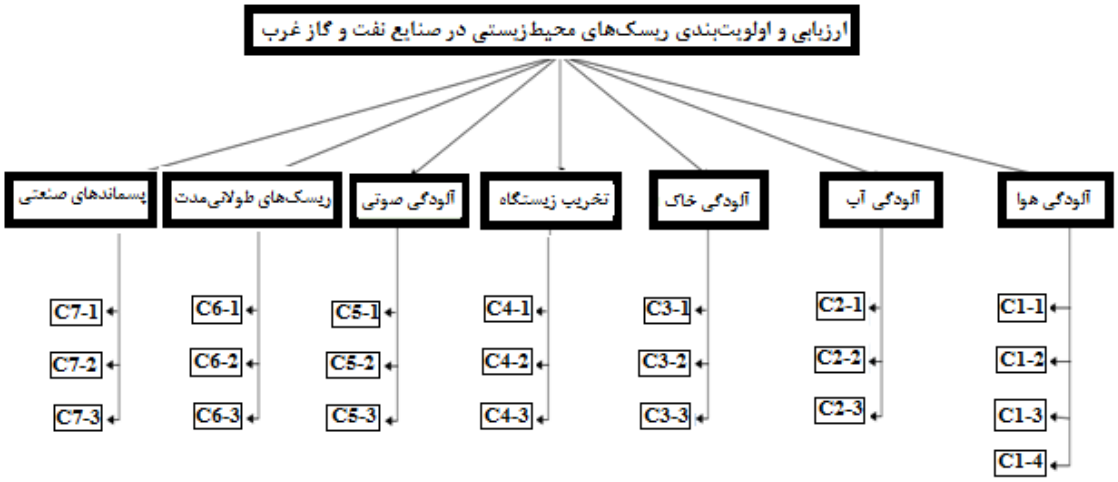
جدول ۱. معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی صنعت مورد مطالعه

کد معیار	معیار اصلی	زیرمعیارها
C1	آلودگی هوا	انتشار CO_2، انتشار CH_4، انتشار SOx و NO_x، وجود PM2.5 و PM10
C2	آلودگی آب	آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی، نشت مواد شیمیایی به منابع آبی
C3	آلودگی خاک	وجود عناصر بالقوه سمی، نشت نفت و فرآورده‌های آن، تخریب زمین‌های کشاورزی
C4	تخریب زیستگاه‌ها	تخریب جنگل‌های زاگرس، اختلال در زیستگاه‌های حیات‌وحش، تغییر کاربری اراضی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

C5	آلودگی صوتی	صدای ماشین‌آلات سنگین، تأثیر بر حیات‌وحش، اختلال در زندگی مردم
C6	ریسک‌های طولانی‌مدت	تغییرات اقلیمی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، اثرات تجمعی بر محیط‌زیست
C7	پسماندهای صنعتی	لجن‌های حفاری، پساب‌های صنعتی، مواد خطرناک و سمی



شکل۱. نمودار سلسله مراتبی مربوط به ساختار ارزیابی پژوهش

یافته‌ها

نتایج غربال‌گری زیرمعیارها

نتایج آزمون آلفای کرونباخ نشان داد که نرخ پایایی مؤلفه‌های پرسشنامه برابر با ۰/۸۸ و بزرگ‌تر از حد قابل قبول (۰/۷۰) یعنی در حد مطلوب بود.

نتایج ارزیابی متغیرهای جمعیت‌شناختی شامل تحصیلات و سابقه کاری خبرگان در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. نتایج توزیع فراوانی و درصد افراد مورد پژوهش بر حسب تحصیلات و سابقه کاری

تحصیلات	فراوانی	درصد	سابقه کاری (سال)	فراوانی	درصد
کارشناسی ارشد	۲۰	۶۷/۰	۵-۱۰	۲۲	۷۳/۰
دکتری تخصصی	۱۰	۳۳/۰	> ۱۰	۸/۰	۲۷/۰
جمع	۳۰	۱۰۰	۳۰	۳۰	۱۰۰

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، از ۳۰ نفر نمونه پژوهش، ۲۰ نفر (۶۷/۰ درصد) دارای تحصیلات کارشناسی ارشد و ۱۰ نفر (۳۳/۰ درصد) نیز دارای مدرک دکتری تخصصی بودند. همچنین، از ۳۰ نفر نمونه تحقیق، ۲۲ نفر دارای سابقه کار از پنج تا ۱۰ سال و ۸/۰ نفر نیز دارای سابقه کار بیش‌تر از ۱۰ سال بودند. بنابراین، بیش‌تر خبرگان دارای سابقه کار از پنج تا ۱۰ سال بودند.

نتایج بازخورد خبرگان برای ساختار سلسله‌مراتبی

نتایج بازخورد خبرگان برای ساختار سلسله‌مراتبی در جدول ۳ آورده شده است. سطح بالای رضایت و تایید (از ۸۶/۰ تا ۹۳/۰ درصد) نشان داد نتایج پژوهش مبتنی بر توافق جمعی و دانش تخصصی بوده است. بنابراین، معیارها و زیرمعیارها به مدل FAHP وارد شدند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

جدول۳. نتایج بازخورد خبرگان برای ساختار سلسله مراتبی

مورد بازخورد	تعداد خبرگان تأیید کننده	نرخ تأیید (درصد)
همه معیارها	۲۸ نفر	۹۳/۰
زیرمعیارهای آلودگی هوا	۲۷ نفر	۹۰/۰
زیرمعیارهای آلودگی آب	۲۹ نفر	۹۶/۰
زیرمعیارهای آلودگی خاک	۲۶ نفر	۸۶/۰
زیرمعیارهای تخریب زیستگاه	۲۶ نفر	۸۶/۰
زیرمعیارهای آلودگی صوتی	۲۶ نفر	۸۶/۰
زیرمعیارهای ریسک‌های طولانی‌مدت	۲۶ نفر	۸۶/۰
زیرمعیارهای پسماندهای صنعتی	۲۶ نفر	۸۶/۰

نتایج مقایسه زوجی معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مربوطه

نتایج مقایسه زوجی معیارهای اصلی و همچنین زیرمعیارها در جداول ۴ تا ۱۱ آورده شده است.

جدول۴. نتایج مقایسه زوجی معیارهای اصلی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)	(3,4,5)	(2,3,4)	(1,2,3)	(2,3,4)
C2	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)	(1,2,3)	(1,1,2)	(1,2,3)
C3	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1,1,2)	(1,2,3)	(1,1,2)
C4	(1/5,1/4,1/3)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1/2,1,1)	(1,2,3)	(1/2,1,1)
C5	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1/2,1,1)	(1,1,2)	(1,1,1)	(1,1,2)	(1,1,2)
C6	(1/3,1/2,1)	(1/2,1,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/2,1,1)	(1,1,1)	(1,1,2)
C7	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1/2,1,1)	(1,1,2)	(1/2,1,1)	(1/2,1,1)	(1,1,1)

نتایج مندرج در جدول ۴ برای مثال نشان می‌دهد که در سلول (1,2,3) : (C1,C2) آلودگی هوا (C1) در مقایسه با آلودگی آب (C2) از اهمیت "متوسط" و در سلول (1/5,1/4,1/3) : (C4,C1) تخریب زیستگاه‌ها (C4)در مقایسه با آلودگی هوا (C1) از اهمیت "کم‌تر" برخوردار بوده است.

جدول ۵. نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای آلودگی هوا (C1)

	C1-1	C1-2	C1-3	C1-4
C1-1: CO_2	**(1,2,3)**	(2,3,4)	(1,2,3)	(1,1,1)
C1-2: CH_4	**(1,1,2)**	(1,2,3)	(1,1,1)	(1/3,1/2,1)
C1-3: SO_2 & NO_x	**(1/2,1,1)**	(1,1,1)	(1/3,1/2,1)	(1/4,1/3,1/2)
C1-4: PM2.5 و PM10	**(1,1,1)**	(1,1,2)	(1/2,1,1)	(1/3,1/2,1)

نتایج مندرج در جدول ۵ نشان‌دهنده آن است که خبرگان CO_2 و PM2.5/PM10 را به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیارهای آلودگی هوا در منطقه غرب انتخاب کرده‌اند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

جدول ۶. نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای آلودگی آب (C2)

	C2-1	C2-2	C2-3
C2-1 آلودگی منابع آب سطحی	(1,1,1)	(1,2,3)	**(2,3,4)**
C2-2 آلودگی منابع آب زیرزمینی	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	**(1,2,3)**
C2-3 نشت مواد شیمیایی	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	**(1,1,1)**

نتایج مندرج در جدول ۶ نشان‌دهنده آن است که خبرگان نشت مواد شیمیایی را در مقایسه با دو زیرمعیار دیگر، به‌عنوان خطرناک‌ترین عامل دخیل در آلودگی منابع آب انتخاب کردند.

جدول ۷. نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای آلودگی خاک (C3)

	C3-1	C3-2	C3-3
C3-1 عناصر بالقوه سمی	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)
C3-2 نشت نفت	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,2,3)
C3-3 تخریب زمین‌های کشاورزی	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)

نخبگان با مقایسه زوجی زیرمعیارهای آلودگی خاک (جدول ۷) عنوان داشتند که آلودگی عناصر بالقوه سمی (C3-1) از بیش‌ترین اهمیت، پس از آن نشت نفت (C3-2) و در رتبه آخر نیز تخریب زمین‌های کشاورزی (C3-3) از کم‌ترین اهمیت برخوردار بودند.

جدول ۸. نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای تخریب زیستگاه‌ها (C4)

	C4-1	C4-2	C4-3
C4-1 تخریب جنگل‌های زاگرس	(1,1,1)	(1,2,3)	**(2,3,4)**
C4-2 تهدید در حیات‌وحش	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	**(1,2,3)**
C4-3 تغییر کاربری اراضی	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	**(1,1,1)**

با استناد به نتایج مندرج در جدول ۸ می‌توان اذعان داشت که بر اساس نظر نخبگان، تخریب جنگل‌های زاگرس (C4-1) با اختلاف قابل توجهی از بیش‌ترین اهمیت محیط‌زیستی، پس از آن تهدید حیات‌وحش (C4-2)، و در نهایت تغییر کاربری اراضی (C4-3) از اهمیت کم‌تر برخوردار بودند.

جدول ۹. نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای آلودگی صوتی (C5)

	C5-1	C5-2	C5-3
C5-1 ماشین‌آلات سنگین	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)
C5-2 تأثیر بر حیات‌وحش	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,2,3)
C5-3 اختلال در زندگی مردم	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

با استناد به نتایج مندرج در جدول ۹ می‌توان اذعان داشت که طبق نظر بیش‌تر خبرگان، آلودگی صوتی ناشی از ماشین‌آلات سنگین (C5-1) مهم‌ترین زیرمعیار بود و پس از آن، تاثیر بر حیات‌وحش (C5-2)، و در نهایت اختلال در زندگی مردم (C5-3) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.

جدول ۱۰. نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای ریسک‌های طولانی‌مدت (C6)

	C6-1	C6-2	C6-3
C6-1 گازهای گلخانه‌ای	(1,1,1)	(1,2,3)	**(2,3,4)**
C6-2 تغییرات اقلیمی	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	**(1,2,3)**
C6-3 اثرات تجمعی	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	**(1,1,1)**

نتایج مندرج در جدول ۱۰ بیان‌گر آن است که برای سیاست‌گذاری و مدیریت ریسک‌های طولانی‌مدت، لازم است ابتدا بر کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای تمرکز شود؛ سپس، اقدامات در راستای مقابله با تغییرات اقلیمی و در گام آخر نیز نسبت به کنترل اثرات تجمعی اقدام شود.

جدول ۱۱. نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای پسماندهای صنعتی (C7)

	C7-1	C7-2	C7-3
C7-1 لجن‌های حفاری	(1,1,1)	(1,2,3)	**(2,3,4)**
C7-2 پساب‌های صنعتی	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	**(1,2,3)**
C7-3 مواد سمی	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	**(1,1,1)**

با استناد به نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای پسماندهای صنعتی (جدول ۱۱)، اولویت مدیریت پسماندهای صنعتی در حوزه نفت و گاز باید ابتدا بر لجن‌های حفاری؛ سپس، پساب‌های صنعتی و در نهایت مواد سمی متمرکز باشد.

نتایج محاسبه وزن‌های فازی و رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها

نتایج رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها و همچنین محاسبه وزن‌های فازی و قطعی معیارهای اصلی در جدول ۱۲ نشان داده شده است که بر این اساس مشخص شد آلودگی آب با اهمیت نسبی برابر با ۰/۲۸ رتبه اول و آلودگی صوتی با اهمیت نسبی برابر با ۰/۰۲ رتبه آخر را به‌خود اختصاص دادند.

جدول ۱۲. نتایج رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها و محاسبه وزن‌های فازی و قطعی معیارهای اصلی

	معیار	وزن فازی مثلثی	وزن قطعی بعد ار دیفازی کردن	رتبه
C2	آلودگی آب	(0.26, 0.28, 0.30)	۰/۲۸	۱
C3	آلودگی خاک	(0.20, 0.22, 0.24)	۰/۲۲	۲
C1	آلودگی هوا	(0.16, 0.18, 0.20)	۰/۱۸	۳
C4	تخریب زیستگاه	(0.13, 0.15, 0.17)	۰/۱۵	۴
C6	ریسک‌های طولانی‌مدت	(0.08, 0.10, 0.12)	۰/۱۰	۵
C7	پسماندهای صنعتی	(0.04, 0.05, 0.06)	۰/۰۵	۶
C5	آلودگی صوتی	(0.01, 0.02, 0.03)	۰/۰۲	۷

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

نتایج محاسبه وزن‌های نهایی زیرمعیارها

نتایج محاسبه وزن‌های نهایی زیرمعیارها در جدول ۱۳ آورده شده است.

جدول۱۳. نتایج محاسبه وزن‌های نهایی زیرمعیارها

	نماد	زیرمعیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
آلودگی هوا	C1-1	CO_2	(0.32, 0.35, 0.38)	۰/۳۵	۱
	C1-4	ذرات معلق	(0.25, 0.28, 0.30)	۰/۲۸	۲
	C1-3	SO_x و NO_x	(0.20, 0.22, 0.24)	۰/۲۲	۳
	C1-2	CH_4	(0.15, 0.17, 0.19)	۰/۱۷	۴
آلودگی آب	C2-3	نشت مواد شیمیایی	(0.30, 0.32, 0.35)	۰/۳۲	۱
	C2-1	آلودگی منابع آب سطحی	(0.25, 0.27, 0.29)	۰/۲۷	۲
	C2-2	آلودگی منابع آب زیرزمینی	(0.18, 0.21, 0.23)	۰/۲۱	۳
آلودگی خاک	C3-1	عناصر بالقوه سمی	(0.30, 0.32, 0.35)	۰/۳۲	۱
	C3-2	نشت نفت	(0.22, 0.25, 0.28)	۰/۲۵	۲
	C3-3	تخریب زمین کشاورزی	(0.15, 0.18, 0.20)	۰/۱۸	۳
تخریب زیستگاه‌ها	C4-1	تخریب جنگل‌ها	(0.30, 0.32, 0.35)	۰/۳۲	۱
	C4-2	اختلال در زندگی حیات‌وحش	(0.22, 0.25, 0.28)	۰/۲۵	۲
	C4-3	تغییر کاربری اراضی	(0.15, 0.18, 0.20)	۰/۱۸	۳
آلودگی صوتی	C5-1	ماشین‌آلات	(0.30, 0.32, 0.35)	۰/۳۲	۱
	C5-2	تأثیر بر حیات‌وحش	(0.22, 0.25, 0.28)	۰/۲۵	۲
	C5-3	اختلال در زندگی	(0.15, 0.18, 0.20)	۰/۱۸	۳
ریسک‌های طولانی‌مدت	C6-1	گازهای گلخانه‌ای	(0.30, 0.32, 0.35)	۰/۳۲	۱
	C6-2	تغییرات اقلیمی	(0.22, 0.25, 0.28)	۰/۲۵	۲
	C6-3	اثرات تجمعی	(0.15, 0.18, 0.20)	۰/۱۸	۳
پسماندهای صنعتی	C7-1	لجن‌های حفاری	(0.30, 0.32, 0.35)	۰/۳۲	۱
	C7-2	پساب‌های صنعتی	(0.22, 0.25, 0.28)	۰/۲۵	۲
	C7-3	مواد سمی	(0.15, 0.18, 0.20)	۰/۱۸	۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

نتایج مندرج در جدول ۱۳ نشان می‌دهد که تمرکز و تخصیص منابع باید روی زیرمعیارها با ریسک بالاتر در هر دسته باشد. برای مثال، در مبحث آلودگی هوا می‌بایست بیش‌تر بر روی کنترل، مدیریت و کاهش منابع تولید و انتشار CO_2 متمرکز باشد.

نتایج محاسبه نرخ‌های سازگاری

نتایج مربوط به خروجی ماتریس‌های مقایسه زوجی و نرخ‌های سازگاری در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱۴. خروجی ماتریس‌های مقایسه زوجی و نتایج CR

ردیف	نماد	نوع ماتریس	تعداد عناصر	CR محاسبه‌شده	وضعیت سازگاری	نیاز به اصلاح؟
۱	C1	آلودگی هوا	۴	۰/۰۸	سازگار	خیر
۲	C2	آلودگی آب	۳	۰/۰۷	سازگار	خیر
۳	C3	آلودگی خاک	۳	۰/۰۶	سازگار	خیر
۴	C4	تخریب زیستگاه	۳	۰/۰۹	سازگار	خیر
۵	C5	آلودگی صوتی	۳	۰/۰۵	سازگار	خیر
۶	C6	ریسک‌های طولانی‌مدت	۳	۰/۰۷	سازگار	خیر
۷	C7	پسماندهای صنعتی	۳	۰/۰۸	سازگار	خیر
۸	(C1-C7)	معیارهای اصلی	۷	۰/۰۹	سازگار	خیر
۹	C1-1, C1-2, C1-3, C1-4	CO_2، CH_4، SO_2، NO_x، PM10 و PM2.5	۴	۰/۱۱	ناسازگار	بله
۱۰	C2-1, C2-2, C2-3	آلودگی رودخانه‌ها، آلودگی آب زیرزمینی، نشت مواد شیمیایی	۳	۰/۰۷	سازگار	خیر
۱۱	C3-1, C3-2, C3-3	عناصر بالقوه سمی، نشت نفت، تخریب زمین‌های کشاورزی	۳	۰/۰۸	سازگار	خیر
۱۲	C4-1, C4-2, C4-3	تخریب جنگل‌ها، اختلال در حیات‌وحش، تغییر کاربری اراضی	۳	۰/۱۲	ناسازگار	بله
۱۳	C5-1, C5-2, C5-3	ماشین‌آلات سنگین، تأثیر بر حیات‌وحش، اختلال در زندگی مردم	۳	۰/۰۶	سازگار	خیر
۱۴	C6-1, C6-2, C6-3	گازهای گلخانه‌ای، تغییرات اقلیمی، اثرات تجمعی	۳	۰/۰۷	سازگار	خیر
۱۵	C7-1, C7-2, C7-3	لجن‌های حفاری، پساب‌های صنعتی، مواد سمی	۳	۰/۰۶	سازگار	خیر

با استناد به نتایج مندرج در جدول ۱۴، می‌توان اذعان داشت که از مجموع ۱۵ ماتریس تشکیل‌شده در راستای مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها، به‌جز دو ماتریس آلودگی هوا (C1-1 تا C1-4) و تخریب زیستگاه (C4-1 تا C4-3)، ۱۳ ماتریس دیگر از نسبت سازگاری کوچک‌تر از ۰/۱۰ برخوردار بودند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

نتایج رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها

نتایج مربوط به رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها در جدول ۱۵ آورده شده است.

جدول ۱۵. نتایج رتبه‌بندی نهایی ریسک ها

ردیف	زیرمعیار	معیار اصلی	وزن قطعی	شدت (۵-۱)	امتیاز نهایی	رتبه
۱	C2-3 نشت مواد شیمیایی	C2: آلودگی آب	۰/۳۲	۵	۱/۶۰	۱
۲	C3-1 عناصر بالقوه سمی	C3: آلودگی خاک	۰/۳۲	۵	۱/۶۰	۲
۳	C4-1 تخریب جنگل‌ها	C4: تخریب زیستگاه	۰/۳۲	۵	۱/۶۰	۳
۴	C6-1 گازهای گلخانه‌ای	C6: ریسک‌های طولانی‌مدت	۰/۳۲	۴	۱/۲۸	۴
۵	C5-1 ماشین‌آلات سنگین	C5: آلودگی صوتی	۰/۳۲	۴	۱/۲۸	۵
۶	C7-1 لجن‌های حفاری	C7: پسماندهای صنعتی	۰/۳۲	۴	۱/۲۸	۶
۷	C2-1 آلودگی منابع آب سطحی	C2: آلودگی آب	۰/۲۷	۴	۱/۰۸	۷
۸	C3-2 نشت نفت	C3: آلودگی خاک	۰/۲۵	۴	۱/۰۰	۸
۹	C4-2 اختلال در زندگی حیات‌وحش	C4: تخریب زیستگاه	۰/۲۵	۴	۱/۰۰	۹
۱۰	C6-2 تغییرات اقلیمی	C6:ریسک‌های طولانی‌مدت	۰/۲۵	۴	۱/۰۰	۱۰
۱۱	C5-2 تأثیر بر حیات‌وحش	C5:آلودگی صوتی	۰/۲۵	۴	۱/۰۰	۱۱
۱۲	C7-2 پساب‌های صنعتی	C7: پسماندهای صنعتی	۰/۲۵	۴	۱/۰۰	۱۲
۱۳	C1-1: CO_2	C1: آلودگی هوا	۰/۳۵	۳	۱/۰۵	۱۳
۱۴	C2-2 آلودگی منابع آب زیرزمینی	C2: آلودگی آب	۰/۲۱	۳	۰/۶۳۰	۱۴
۱۵	C3-3 تخریب زمین‌های کشاورزی	C3: آلودگی خاک	۰/۱۸	۳	۰/۵۴۰	۱۵
۱۶	C4-3 تغییر کاربری اراضی	C4: تخریب زیستگاه	۰/۱۸	۳	۰/۵۴۰	۱۶
۱۷	C6-3 اثرات تجمعی	C6: ریسک‌های طولانی‌مدت	۰/۱۸	۳	۰/۵۴۰	۱۷
۱۸	C5-3 اختلال در زندگی مردم	C5: آلودگی صوتی	۰/۱۸	۳	۰/۵۴۰	۱۸
۱۹	C7-3 مواد سمی	C7: پسماندهای صنعتی	۰/۱۸	۳	۰/۵۴۰	۱۹
۲۰	C1-4: PM2.5 و PM10	C1: آلودگی هوا	۰/۲۸	۲	۰/۵۶۰	۲۰
۲۱	C1-3: SO_2 و NO_x	C1: آلودگی هوا	۰/۲۲	۲	۰/۴۴۰	۲۱
۲۲	C1-2: CH_4	C1: آلودگی هوا	۰/۱۷	۲	۰/۳۴۰	۲۲

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

با استناد به مندرجات جدول ۱۵، از بین همه معیارها و زیرمعیارهای مورد ارزیابی، نشت مواد شیمیایی (C2-3)، عناصر بالقوه سمی (C3-1) و تخریب جنگل‌های زاگرس (C4-1) به‌عنوان سه ریسک دارای اولویت شناسایی شدند.

بحث

روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی وجود دارد که هر کدام با توجه به محیط و نمونه مورد بررسی، نقاط قوت و ضعف خود را دارند. انتخاب روش ارزیابی ریسک یک امر نسبی است و نمی‌توان به‌طور قطعی در مورد مناسب بودن یک روش برای ارزیابی ریسک تصمیم گرفت. با ترکیب روش‌های ارزیابی موجود و جدید، می‌توان ریسک‌های محیط‌زیستی در محیط‌های مختلف را به میزان قابل توجهی کاهش داد و مدیریت کرد تا به توسعه پایدار دست یافت[۱۷]. لذا این مطالعه، با هدف شناسایی و رتبه‌بندی مخاطرات و ریسک‌های محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز غرب ایران با استفاده از روش FAHP و بر اساس نظر ۳۰ نفر از خبرگان که ۶۷/۰ درصد از آن ها دارای تحصیلات کارشناسی ارشد و همچنین ۷۳/۰ درصد نیز دارای سابقه کار از پنج تا ۱۰ سال بودند (جدول ۲) برای دستیابی به یک روش بهینه انجام شد.

هدف مدیریت ریسک، ایجاد یک چارچوب نظام‌مند و مستمر با هدف شناسایی، ارزیابی، حذف، کنترل، پیشگیری، کاهش و ابلاغ ریسک‌هاست. بنابراین، در فرآیند مدیریت ریسک، تصمیمات بر اساس مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی ریسک و سطوح ریسک تعیین شده اتخاذ می‌شود[۱۸]. در این خصوص، ارزیابی ریسک، بخش جدایی‌ناپذیر صنعت نفت و گاز است که با هدف شناسایی، ارزیابی و کاهش خطرات بالقوه‌ای که احتمال دارد در طول اکتشاف، تولید، حمل و نقل و ذخیره‌سازی نفت و گاز ایجاد شوند، انجام یافته و همچنین برای تضمین ایمنی نیروی کار، حفاظت از محیط‌زیست و جلوگیری از هرگونه ضرر مالی ناشی از حوادث یا سوانح ضرورت می‌یابد[۱۹،۲۰].

در ایران به‌دلیل وجود ذخایر عظیم نفت و گاز، صنایع مرتبط با این منابع به‌ویژه پالایشگاه‌های نفت و گاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و رکن اصلی این صنعت به‌شمار می‌آیند. از آن‌جا که صنایع نفت و گاز به‌طور معمول با مواد و واحدهای مخاطره‌آمیز سروکار دارند؛ بنابراین، احتمال وقوع حوادث با پیامدهای مختلف از جمله از دست رفتن منابع مالی، آسیب به محیط‌زیست و خطر مرگ در این صنایع وجود دارد[۱۱،۱۴]. از دیگر سو، با توجه به حساسیت بالای منطقه غرب ایران از لحاظ محیط‌زیستی و به‌ویژه در بوم‌سازگان جنگلی زاگرس، این پژوهش با هدف شناسایی و رتبه‌بندی مخاطرات و ریسک‌های محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز غرب با استفاده از روش AHP فازی انجام یافت.

نتایج بازخورد خبرگان برای ساختار سلسله‌مراتبی نشان داد که زیرمعیارهای آلودگی آب و آلودگی هوا به‌ترتیب با نرخ تایید ۹۶ و ۹۰ درصد (جدول ۳) از بیش‌ترین سطح تایید برخوردار بودند. همچنین، از بین هفت معیار اصلی شناسایی‌شده توسط خبرگان یعنی «آلودگی هوا»، «آلودگی آب»، «آلودگی خاک»، «تخریب زیستگاه‌ها»، «آلودگی صوتی»، «اثرات تجمعی گازهای گلخانه‌ای»، و «پسماندهای صنعتی» (جدول ۱)، «نشت مواد شیمیایی (C2-3)»، «عناصر بالقوه سمی در خاک (C3-1)» و «تخریب جنگل‌های زاگرس (C4-1)» مهم‌ترین ریسک‌های محیط‌زیستی در منطقه مورد مطالعه بودند. بدین صورت، «آلودگی آب (C2)» به‌ویژه رودخانه‌های قره‌سو و سیمره که نقش برجسته‌ای در تامین آب کشاورزی، شرب و صنعت در غرب ایران دارند با وزن قطعی و شدت به‌ترتیب برابر با ۰/۳۲ و ۵/۰ از بالاترین اولویت مدیریتی، و به‌دنبال آن «آلودگی خاک به عناصر بالقوه سمی (C3)» که می‌تواند با انتقال از طریق زنجیر غذایی به ایجاد اختلال در سلامت عمومی منجر شود و پس از آن «تخریب زیستگاه (C4)» قرار داشتند (جدول ۱۵). این یافته‌ها حساسیت بالای منابع آبی و خاکی در منطقه مورد مطالعه و ضرورت توجه ویژه به حفاظت و مدیریت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

پایدار این منابع را نمایان می‌نماید. پس از ریسک‌های مارالذکر، ریسک‌های طولانی‌مدت از جمله «انتشار گازهای گلخانه‌ای (C6)» از اهمیت متوسط برخوردار بود که بر این اساس این عوامل نیز می‌بایست در برنامه‌های توسعه‌ای مدنظر قرار گیرند. از دیگر سو، ریسک‌های «آلودگی صوتی (C5)»، «پسماندهای صنعتی (C7)» و «آلودگی هوا (C1)» رتبه‌های بعدی را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۱۵) که نشان داد در شرایط خاص و با افزایش فشارهای محیطی، این ریسک‌ها می‌توانند به تهدیدهای جدی تبدیل شوند و بنابراین، نباید کاملاً نادیده گرفته شوند. لذا بر این اساس، اقدامات مدیریتی و اختصاص منابع (چه برای پیشگیری و چه برای اصلاح) ابتدا باید بر روی مدیریت آلودگی آب و خاک، و تخریب زیستگاه متمرکز باشد.

نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای هر معیار (جداول ۵ تا ۱۱) نشان داد که خبرگان آلاینده‌های منوکسیدکربن و ذرات ریز معلق را به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیارهای آلودگی هوا (جدول ۵)، نشت مواد شیمیایی را به‌عنوان خطرناک‌ترین عامل دخیل در آلودگی منابع آب (جدول ۶)، عناصر بالقوه سمی را به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیار آلودگی خاک (جدول ۷)، تخریب جنگل‌های زاگرس را به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیار تخریب زیستگاه‌ها (جدول ۸)، فعالیت ماشین‌آلات سنگین را به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیار آلودگی صوتی (جدول ۹)، انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیار ریسک‌های طولانی‌مدت (جدول ۱۰)، و مدیریت لجن‌های حفاری را به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیار پسماندهای صنعتی (جدول ۱۱) انتخاب کردند.

نتایج رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها و همچنین محاسبه وزن‌های فازی و قطعی معیارهای اصلی نشان داد که معیارهای آلودگی آب، آلودگی خاک، و آلودگی هوا با اهمیت نسبی برابر با ۰/۲۸، ۰/۲۲ و ۰/۱۸ به‌ترتیب رتبه‌های اول تا سوم و آلودگی صوتی با اهمیت نسبی برابر با ۰/۰۲ نیز رتبه آخر را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). لذا، می‌توان اذعان داشت که آلودگی آب با ریسک جدی‌تر، می‌بایست بیش‌ترین الزام مدیریتی را به‌خود اختصاص دهد.

نتایج حاصل از تحلیل FAHP نشان داد که ریسک‌هایی مانند «نشت مواد شیمیایی در آب»، «عناصر سمی در خاک»، و «تخریب بوم‌سازگان‌های جنگلی» از بیش‌ترین وزن و اولویت برخوردار بوده (جدول ۱۳) و می‌بایست در اقدامات پیشگیرانه یا اصلاحی توجه اصلی را به آن‌ها معطوف داشت. همان‌طور که مشخص شد، نشت مواد شیمیایی خطرناک حاصل از فعالیت صنایع مرتبط با نفت و گاز به منابع آب سطحی و زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و بحرانی‌ترین ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی‌شده توسط خبرگان بوده است. این ریسک نه‌تنها بر کیفیت منابع آب تأثیر منفی می‌گذارد، بلکه می‌تواند منجر به انتقال آلاینده‌های خطرناک در طول زنجیر غذایی و تهدید سلامت عمومی جوامع محلی نیز شود. از دیگر سو، مناطق غرب ایران با برخورداری از منابع آبی حساس که نقش برجسته‌ای در حفظ تعادل محیط‌زیستی و اقتصادی دارند، در صورت مواجهه با نشت مواد شیمیایی، می‌تواند در میان و طولانی‌مدت عواقب مخرب برای زیست‌بوم‌های آبی، منابع‌طبیعی و اقتصاد کلان منطقه به‌همراه داشته باشد.

از طرفی، انتشار عناصر بالقوه سمی از جمله سرب، جیوه، کادمیم، نیکل و وانادیم که طی فرآیندهای فرآوری و حفاری در صنایع نفت و گاز آزاد می‌شوند، یکی دیگر از ریسک‌های قابل‌توجه شناسایی‌شده توسط خبرگان در این پژوهش بودند که در صورت ورود این عناصر به خاک، محصولات کشاورزی و منابع آبی تحت تأثیر قرار گرفته و از طریق زنجیر غذایی، سلامت انسان و سایر زیستمندان تحت تاثیر جدی قرار خواهد گرفت. به‌ویژه آن‌که با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی منطقه و حضور زیستگاه‌های حساس، ریسک انتشار عناصر بالقوه سمی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت موثر در این خصوص ضروری است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

جنگل‌های زاگرس از منابع‌طبیعی ارزشمند و حیاتی ایران هستند که نقش به‌سزایی در حفظ تنوع‌زیستی، کاهش فرسایش خاک و تأمین منابع آبی دارند. با این حال، توسعه صنایع نفت و گاز در منطقه غرب ایران منجر به قطع درختان، بروز اختلال در زیستگاه‌های حیات‌وحش و تغییر کاربری اراضی شده است که این تخریب‌ها علاوه بر ایجاد اثرات فوری، می‌توانند منجر به کاهش سطح پوشش گیاهی، افزایش فرسایش خاک، و تشدید خشکسالی‌ها در آینده شوند. بنابراین، تخریب جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی‌شده توسط خبرگان در این منطقه بود.

فعالیت‌های صنعتی در حوزه نفت و گاز، با انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله CO_2، CH_4 و NO_x که با تأثیر مستقیم بر ایجاد گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی می‌تواند به بروز خشکسالی و افزایش دما در منطقه غرب ایران منجر شود، از اهمیت راهبردی بالایی برخوردارند. لذا، با توجه به طولانی‌بودن دوره تأثیر این ریسک، توجه ویژه به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و استفاده از فناوری‌های پاک‌تر در واحدهای صنعتی ضروری است.

از آن‌جا که صداهای ناشی از فعالیت ماشین‌آلات سنگین، خطوط لوله و فعالیت‌های حفاری، منجر به ایجاد آلودگی صوتی در مناطق صنعتی و زیستگاه‌های حیات‌وحش می‌شود، آلودگی صوتی می‌تواند با اثر بر الگوی رفتاری حیات‌وحش و ایجاد استرس در انسان‌ها تأثیر منفی برجای بگذارد. اگرچه این ریسک در رتبه‌بندی اولیه در ردهٔ پایین‌تری قرار دارد، ولی با افزایش فعالیت‌های صنعتی و گسترش واحدهای پالایشگاهی، می‌تواند به یک ریسک مهم محیط‌زیستی تبدیل شود و در آینده، خطرات جدی‌تری به‌ویژه در مناطقی که فعالیت‌های صنعتی در نزدیکی زیستگاه‌های حساس انجام می‌شود، ایجاد کنند.

لجن‌های حفاری و پساب‌های صنعتی تولید شده در حین فعالیت‌های حفاری و استخراج نفت و گاز، از آن‌جا که ممکن است حاوی مواد سمی و خطرناک باشند، در صورت مدیریت نامناسب، می‌توانند منجر به ایجاد آلودگی خاک و منابع آبی شوند. لذا، این ریسک‌ها با توجه به عدم وجود سیستم‌های پیشرفته مدیریت پسماند در برخی از واحدها، از اهمیت قابل‌توجهی برخوردارند. در پژوهش‌های مشابه، چراغی و شهریاری (۲۰۲۱) با ارزیابی ریسک محیط‌زیستی و مدل‌سازی آلودگی خاک ناشی از توسعه میدان نفتی لالی با استفاده از روش‌های AHP و EFMEA گزارش کردند که آلودگی خاک مهم‌ترین اثر مرتبط با فازهای استخراج و انتقال نفت و به‌طور کلی توسعه میدان نفتی بوده است. از طرفی، مشخص شد که ورود پسماند گل حفاری با وزن بردار ویژه برابر با ۱/۰۶ به‌عنوان مهم‌ترین جنبه محیط‌زیستی فرایند استخراج بوده است. علاوه بر این، کمینه و بیشینه غلظت عناصر سمی در خاک به‌ترتیب در لایه‌های سطحی (۲۰ سانتی متری) و ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری ثبت شد[۲۱]. این در حالی است که ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی ناشی از عملیات حفاری چاه‌های نفت با استفاده از روش FMEA و تکنیک تلفیقی ENTROPY و TOPSIS منجر به شناسایی ۳۳ ریسک عمده به‌ویژه تخریب کامل پوشش گیاهی، تغییر و تخریب زیستگاه جانوران و آلودگی خاک در بوم‌سازگان‌های خشکی و فراساحلی شد[۲۲]. از دیگر سو، بهرامی و همکاران (۲۰۱۸) با ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی مجتمع پتروشیمی کرمانشاه به روش FMEA نتیجه گرفتند که از تعداد ۳۸ ریسک شناسایی شده، بیش‌ترین رتبه مربوط به ریسک انتشار گازهای هیدروژن و آمونیاک در زمان از سرویس خارج شدن واحد آمونیاک بوده است. همچنین، آلودگی هوا بیشینه فراوانی تأثیر ریسک‌ها را به‌خود اختصاص داد. به‌علاوه، نتایج فازی‌سازی ورودی‌ها و خروجی روش FMEA نشان داد که از مجموع ۱۵ ریسک شناسایی شده کلی در مجتمع پتروشیمی توسط خبرگان، بیشینه عدد اولویت فازی در بخش بهداشتی با ۰/۷۵۰ مربوط به آلودگی صوتی و در بخش محیط‌زیست نیز با ۰/۶۱۳ مربوط به کاهش منابع بوم‌شناختی (۰/۶۱۳) بود[۲۳]. بالیست و همکاران (۲۰۱۸) با

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تجزیه و تحلیل حالات خرابی و شکست محیط‌زیستی ریسک‌های محیط‌زیستی واحد بهره‌برداری پالایش گاه نفت خام گچساران را ارزیابی و نتیجه گرفتند که آلاینده‌های خروجی از دودکش و انتشار هیدروکربن‌های گازی هر دو با عدد ریسک برابر با ۱۴۴، مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی شده بوده‌اند[۲۴]. جوهری و همکاران (۲۰۱۸) نیز ارزیابی ریسک محیط‌زیستی شرکت پتروشیمی ایلام با استفاده از روش‌های ANP و TOPSIS گزارش کردند که ریسک‌های آلودگی و کاهش کیفیت هوا، به‌خطر افتادن سلامت عمومی، و کاهش کیفیت آب به‌ترتیب از بیش‌ترین وزن در محیط‌های فیزیکوشیمیایی، اقتصادی-اجتماعی-فرهنگی و زیستی برخوردار بودند[۲۵].

نتایج مربوط به خروجی ماتریس‌های مقایسه زوجی و نرخ‌های سازگاری نشان داد که از مجموع ۱۵ ماتریس تشکیل‌شده در راستای مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها، به‌جز ماتریس‌های آلودگی هوا و تخریب زیستگاه با نرخ سازگاری به‌ترتیب برابر با ۰/۱۱ و ۰/۱۲، سایر ماتریس‌ها از نسبت سازگاری کوچک‌تر از ۰/۱۰ برخوردار بودند که نشان‌دهنده اعتبار بالا و هماهنگی مناسب در قضاوت‌های خبرگان است (جدول ۱۴). همچنین، نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که ریسک‌های آب و خاک از بیش‌ترین ثبات و اهمیت برخوردار بوده و این ریسک‌های طولانی‌مدت، با افزایش وزن می‌توانند اهمیت بیشتری پیدا کنند. لذا، ریسک‌های آلودگی صوتی و تولید پسماند خطرناک با توسعه فعالیت‌های صنعتی، می‌توانند به ریسک‌های مهمی تبدیل شوند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف شناسایی و رتبه‌بندی مخاطرات و ریسک‌های محیط‌زیستی در صنایع نفت و گاز غرب با استفاده از روش FAHP به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره قدرتمند انجام شد. نتایج نشان داد که آلودگی آب و خاک و به‌دنبال آن تخریب زیستگاه از مهم‌ترین ریسک‌های مرتبط با صنایع نفت و گاز بودند که شناسایی و رتبه‌بندی آن‌ها گامی حیاتی در راستای ارتقای سطح ایمنی و سلامت محیط‌زیست محسوب می‌شود. لذا، با تعیین اولویت‌های مدیریتی، می‌توان نسبت به تخصیص بهینه منابع، ارایه راهکارهای کاهشی مؤثر برای هر ریسک و طراحی برنامه‌های نظارتی و اجرایی بر اساس اهمیت نسبی هر ریسک اقدام کرد. از این‌رو، برای مدیریت بهینه ریسک‌های شناسایی شده، نسبت به پایش مستمر منابع آبی و خاکی، کاهش فعالیت‌های عمرانی در مناطق جنگلی و زیستگاه‌های حساس و الزام نصب سیستم‌های ضدنشت در خطوط لوله توصیه می‌شود. از دیگر سو، شناسایی دقیق‌تر مخاطرات، رتبه‌بندی جامع‌تر ریسک‌ها، تحلیل علل ریشه‌ای بروز ریسک‌ها، بررسی اثرات طولانی‌مدت، توسعه مدل‌های پیش‌بینی، آموزش و فرهنگ‌سازی و ارزیابی اثربخشی راهکارها برای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار صنایع نفت و گاز پیشنهاد می‌شوند. در این راستا، پیاده‌سازی الزامات استانداردهای ایزو ۱۴۰۰۱ و ایزو ۴۵۰۰۱ برای تحلیل وضعیت موجود، تعیین خط مشی محیط‌زیستی، آموزش کارکنان و ممیزی داخلی از جمله توجه مدیریت سازمان به رهبری و مشارکت کارکنان؛ طرح‌ریزی برای شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک‌ها و فرصت‌ها، و تعیین الزامات قانونی و سایر الزامات، ارایه پشتیبانی از طریق تأمین منابع، فراهم کردن زمینه برقراری ارتباطات و اطلاعات مستند و از طرفی ارتقای صلاحیت و آگاهی کارکنان؛ تحلیل و ارزیابی عملکرد از طریق پایش، اندازه‌گیری، ممیزی داخلی و بازنگری مدیریت و در نهایت بهبود مستمر عملکرد از طریق شناسایی عدم انطباق‌ها و اقدامات اصلاحی می‌تواند مدنظر قرار گیرند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب واحد همدان دانشگاه آزاد اسلامی است که بدین‌وسیله نویسندگان از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه برای همکاری در اجرای پژوهش تشکر می‌کنند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

تعارض منافع

نویسندگان هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می‌کنند.

حمایت مالی

این پژوهش فاقد حامی مالی بوده و با هزینه شخصی نویسندگان انجام یافته است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان همه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. این پژوهش با کد ۱۷۱۱۲۹۸۰۰۶۹۰۷۶۴۲۱۳۰۳۹۱۶۳۱۰۰۲۴۰ به تصویب واحد همدان دانشگاه آزاد اسلامی رسیده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی و اجرای پژوهش: حمیدرضا نظری، سهیل سبحان اردکانی

نگارش مقاله: حمیدرضا نظری، سهیل سبحان اردکانی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]

References

1. Brown J, Smith T, Lee, K. Environmental impacts of oil and gas industry. Environmental Studies Journal. 2020;15(3):230-48.
2. Smith R. Greenhouse gas emissions in energy sectors. Climate Impact Reports. 2021;6(3): 154-68.
3. Lamb IP, Massam MR, Mills SC, Bryant RG, Edwards DP. Global threats of extractive industries to vertebrate biodiversity. Current Biology. 2024;34(16):3673-84.
4. Berkhout BW, Budria A, Thieltges DW, Slabbekoorn H. Anthropogenic noise pollution and wildlife diseases. Trends in Parasitology. 2023;39(3):181-90.
5. Williams G, Green L. Soil contamination and agriculture impacts. Journal of Agro-Environmental Research. 2020;5(2):88-105.
6. Tsamos P, Papagiannis S, Xarchoulakos D, Kehagia K, Noli F. The impact of crude oil facilities on the accumulation of heavy metals and radionuclides in a coastal environment. Water, Air, & Soil Pollution. 2025;236:667.
7. Shapovalova D. Climate change and oil and gas production regulation: an impossible reconciliation?. Journal of International Economic Law. 2023;26(4):817-35.
8. Aydin N, Seker S, Şen C. A new risk assessment framework for safety in oil and gas industry: Application of FMEA and BWM based picture fuzzy MABAC. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2022;219:111059.
9. Martinez S, Patel R. Sustainable development policies for oil industries. Sustainability and Environment. 2024;12(1):67-82.
10. Bandarja M, Jozi SA. Health, safety, and environmental risk assessment for Hydrocracker Unit of Bandar Abbas in Refinement of Oil Company by EFMEA Method. Journal of Environmental Studies. 2014;39(4):105-24 (In Persian).
11. Kasharou J, Saghatoleslami N. Identification and investigation of process and environmental hazards by HAZOP Method in tank farm unit of Sarakhs Shahid Hasheminejad Gas Refinery. Iranian Gas Engineering Journal. 2016;2(3):46-51 (In Persian).
12. Askari MM, Sadeghi Shahedani M, Seiflou S. Identifying and prioritizing risks of upstream oil and gas projects in Iran based on Risk Breakdown Structure (RBS) and TOPSIS Technique. Journal of Economic Research and Policies. 2016;24(78):57-96 (In Persian).
13. Noori H, Cheraghi M, Eslami Baladeh A. A hybrid fuzzy MADM model for environmental risk assessment: a case of an oil and gas exploitation area. Journal of Health and Safety at Work. 2019;9(3):200-11 (In Persian).
14. Emami M, Hejazi B, Karimi M, Mousavi SA. Quantitative risk assessment and risk reduction of integrated acid gas enrichment and amine regeneration process using Aspen Plus dynamic simulation. Results in Engineering. 2022;15:100566.
15. Heydari Z, Rahmani V, Heydari AA, Motavassel M. Risk assessment and risk management of Kermanshah Province Gas Company using HAZOP Method. Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology. 2022;11(1):28-37.
16. Chang D-Y. Theory and methodology applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research. 1996;95:649-55.
17. Semin AN, Faminskaya MV, Ponkratov VV, Mikhayluk ON, Shapoval GN. Risk assessment and its management for environmental pollution in oil refinery using FMEA approach. Caspian Journal of Environmental Sciences. 2022;21(3):603-22.
18. Gharoun N, Jozi SA. Environmental risk management of oil products transfer in pipeline of Bandar Abbas-Sirjan by using Bow_Tie Method. Journal of Environmental Studies. 2013;39(3):133-50 (In Persian).
19. Aydin N, Seker S, Şen C. A new risk assessment framework for safety in oil and gas industry: Application of FMEA and BWM based picture fuzzy MABAC. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2022;219:111059.
20. Mandal CS, Agarwal M. A review on Quantitative Risk Assessments for Oil and Gas installations and changes in Risk Evaluation Techniques. Materialstoday: PROCEEDINGS. 2024;99:145-53.
21. Cheraghi M, Shahriari I. Environmental risk assessment of the development of Lali oil field using AHP and EFMEA methods and modeling of soil pollution resulting from it in a GIS environment. National Conference on Architecture, Civil Engineering, Urban Development and Horizons of Islamic Art in the Second Step Statement of the Revolution. Tabriz Islamic Art University, 2021; 25 P.
22. Afzali Behbahani N, Ahmadi A, Khodadadi Karimvand M. Assessment of environmental risks resulting from oil well drilling operations using the FMEA method and the combined technique of ENTROPY and TOPSIS. 3rd International Conference on Science and Technology. Georgia, 2016; 10 p.
23. Bahrami S, Sotoudeh A, Jamshidi N, Elmi MR. Environmental risk assessment of Kermanshah petrochemical complex using FMEA method. Environmental Sciences. 2018;16 (3):1-24 (In Persian).
24. Balist J, Malek Mohammadi B, Chehrzar F, Moarab Y. Environmental risk assessment of Gachsaran Oil Refinery production unit by integrating multi criteria decision making and environmental failure-mode and effects analysis. Journal of Environmental Science and Technology. 2018;20(1):165-78 (In Persian).
25. Johari Z, Cheraghi M, Sobhan Ardakani S. Environmental risk assessment of Ilam Petrochemical Company using Analytic Network Process (ANP) and the Technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) methods in 2016 . Journal of Ilam University Medical Sciences. 2018;26(5):79-88 (In Persian).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.66224/jehe.13.4.393]