



Introducing a New Model for Assessing the Environmental Impacts of Mining: Mining Project Environmental Pre-Feasibility Model (MEPF)

Document Type
Research Paper

Kebriya Jafari^{1*}, Said Reza Ahmadizadeh², Mohammad Reza Dosti³,
Amir Ebrahimi⁴

Received:
2024/12/29

Accepted:
2026/06/08

1. Corresponding Author, PhD Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment University of Birjand, Birjand, Iran. Email: k.jaffari@birjand.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment University of Birjand, Birjand, Iran. Email: sahmadi@birjand.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: mndoosti@birjand.ac.ir
4. Instructor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment University of Birjand, Birjand, Iran. Email: am.ebrahimi@birjand.ac.ir

Abstract

The study addresses the challenges of environmental impact assessments (EIAs) in Iran, which are often lengthy and costly. It introduces the Mining Projects Environmental Pre-Feasibility Model (MEPF) to streamline the process of obtaining environmental permits prior to the commencement of mining projects. The MEPF aims to assess regional capacity for mining, set thresholds for environmental change and monitor the state of the ecosystem prior to project implementation. A team of experts selected the most important micro-variables from over 100 options to develop the MEPF model and finally created eight composite variables based on project Threats. Variables were assessed using data from various sources, including field operations and remote sensing, with a focus on threats to the physical, biological, socio-economic and cultural environment. The model determines the acceptance or rejection of a project based on these levels of Threats and expected benefits. The MEPF model was validated through case studies on two mining projects: Kajeh mining project and Khatibi copper mine. Both were approved by the Iranian environmental authority subject to conditions and are currently in operation. Results show that the MEPF effectively facilitates the environmental impact assessment of mining projects and improves decision-making while taking environmental concerns into account. This innovative approach not only increases the efficiency of the approval process, but also ensures that environmental concerns are prioritized in Iran's mining sector, ultimately striking a balance between development needs and environmental preservation. The successful application of this model could set a precedent for future environmental assessments in similar contexts.

Keywords: MEPF model, Mining, Composite variables, Environmental components, Project Threats.

Cite this article: Jafari, K., Ahmadizadeh, S. R., Dosti, M. R., & Ebrahimi, A. (2026). Introducing a New Model for Assessing the Environmental Impacts of Mining: Mining Project Environmental Pre-Feasibility Model (MEPF). *Journal of Environmental Research*, 17 (33), 133-150. <https://doi.org/10.22034/eiap.2025.237717>
© The Author(s). **Publisher:** Iranian Association for Environmental Assessment



DOI: <https://doi.org/10.22034/eiap.2025.237717>

Introduction

The growing population underlines the importance of mineral resources for economic and social development, (Afzali., 2022; Zhang et al., 2023) as they contribute to employment and infrastructure (Badamfirooz et al., 2021; worlanyo et al.,2021; Pinilla et al., 2024). An analysis of 800 mines in 44 developing countries shows that mining brings significant long-term economic benefits (Heydari & osanli., 2024). However, mining also poses serious environmental risks, such as heavy metal pollution and habitat destruction, often due to inadequate practices and regulations (Aviwouo et al. 2023; Blanche et al., 2024). Effective environmental management is crucial and requires environmental impact assessments (EIAs) to evaluate both the benefits and drawbacks of mining projects (Tilloy., 2023; Kartoolinejad et al., 2024; Pahlavani et al., 2024). In Iran, understanding the nature of the land is critical to sustainable mining practices, and the Environmental Protection Agency mandates comprehensive EIAs for major projects to mitigate environmental risks.

Material and Methods

In the present study, a new model for environmental pre-assessment of mining projects was introduced. The design of this model was carried out by an experienced and expert group. Environment For the environmental assessment of projects, changes such as landform, gas, erosion, prevailing wind speed and direction, temperature, precipitation, etc. are examined. In this study, from more than 100 common micro-variables that are used in environmental assessment of environmental projects and specialized guidelines prepared by the Environmental Protection Organization in Iran and the world (CAFTA DR et al., 2011), key micro-variables were selected to design a new pre-assessment model. These key micro-variables are related to the natural and human environment (CAFTA DR et al., 2011; Soory.,2022). By combining the micro-variables using the experience of experts and the level of risks they pose to the environment, 8 composite changes were defined Table (1).

Table 1. Key variables for environmental pre- feasibility

Combined variable	On variable	Combined variable	One variable
Pollutant hazard	Project Hazards on Soil	Pollutant type index	Pollutant Hazards
Regional erosion intensity		Pollutant concentration	
Regional drift intensity		PM ₁₀ pollution level	
Distance from four areas	Project Hazards on Animal Environment	PM _{2.5} pollution level	Project Hazards on Air
Distance from important and valuable habitats		Prevailing wind speed	
Distance from wildlife passage		Distance from surface water	
Distance from important and valuable plant habitats	Project Hazards on Plant Environment	Sewage pollution level	Project Hazards on Surface Water
Percentage of density and coverage of the area		Significance of surface water	
Distance from historical, religious, cultural, welfare, prison and military areas	Project Hazards on Human Environment	Soil permeability	Project Hazards on Groundwater
Distance from industrial, mining, manufacturing and agricultural centers		Water table depth	
Distance from urban areas		Distance from aquifer area	
Distance from rural areas		Distance from well, spring, aqueduct	
Directly affected population	Project Benefits		
Number of people - direct employment			
Regional security level			
Number of skilled and specialized people			
Infrastructure provision			

Combined scoring is done in a weighted manner. Positive project benefits, economic, cultural and social aspects were considered as "combined project change". Finally, considering the percentage and percentage of project benefits, a decision was made on whether to implement the project or not according to Table (2).

Table 2. Classification of mining project evaluation based on the new model of environmental pre-assessment of mining projects

Project risk classification	Risk score more than 50%	Project benefit score more than 50%	Project benefit less than 50%	Evaluation result
Low to medium	$\leq \frac{3}{8}$	√	√	Conditional acceptance
High	$\frac{4}{8}$	√	-	Conditional acceptance
High	$\frac{4}{8}$	-	√	Reject
Very high	$\frac{5}{8}$	√	√	Reject

It is worth noting that the first step in implementing the model is to review the environmental laws and prohibitions of each country, the plan, subject to legal prohibitions or restrictions, can be implemented by the MEPF model.

Results and Discussion

Using the MEPF model, the impacts of the Kajeh lead and zinc mine and the Khatibi copper mine were examined in three environments: physical, biological, socio-economic and cultural. According to the data collected from the area and the risk score of the composite parameters obtained from this model, in the Kajeh lead and zinc mine, the impacts of the mine on two of the eight composite variables are more than 50%, while the specific benefits of the project also exceed 50%. And according to the data of the Khatibi copper mine, none of the composite variables were more than 50% risky, and the benefits of the project were more than 50%. Based on the impact classification in the new mine use environmental prediction model, the implementation of the Kajeh lead and zinc mine and the Khatibi copper mine is considered acceptable subject to remedial measures.

Conclusion

This study introduces a new model for pre-environmental assessment of mining projects in Iran with the aim of ensuring sustainable development in the country's mining industry. This model can be applied to various mining projects globally. It assesses key impacts, monitors ecosystems before mining activities, reduces costs for stakeholders, and enhances decision-making towards obtaining permits from the

environmental organization. It is based on the risks of the project to the environment and human health before land acquisition begins. This model is unique in Iran and provides a scientific framework and rapid assessment tool to understand the environmental impacts of mining while promoting sustainable development and poverty reduction. Continuous improvements increase its effectiveness for decision-makers and support better environmental protection in the mining sector.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

معرفی الگوی جدید در ارزیابی اثرات محیط زیستی کاربری معدن: الگوی پیش سنجش

محیط زیستی طرح‌های معدنی (MEPF)

کبریا جعفری^{۱*}، سعیدرضا احمدی زاده^۲، محمدرضا دوستی^۳، امیر ابراهیمی^۴

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۰۳/۱۸

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: k.jaffari@birjand.ac.ir
۲. دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: sahmadi@birjand.ac.ir
۳. دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: mndoosti@birjand.ac.ir
۴. مربی، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: am.ebrahimi@birjand.ac.ir

چکیده

ارزیابی اثرات محیط زیستی به عنوان یک الزام قانونی در نظام تصمیم گیری کشور زمان بر و پرهزینه است، پژوهش حاضر برای اولین بار در ایران با هدف بهبود فضای تصمیم گیری برای صدور مجوزهای محیط زیستی قبل از اجرای پروژه معدنی، تعیین آستانه آسیب محیط زیستی و تعیین وضعیت و نظارت بر اکوسیستم‌ها قبل از اجرای پروژه معدنی تعریف شد. مدل پیش سنجی محیط زیست پروژه‌های معدنی یا MEPF راه‌حلی سریع در ارزیابی ظرفیت منطقه برای اجرای یک پروژه معدنی قبل از اجرای پروژه است. الگوی پیش سنجی محیط زیست با رویکرد مخاطرات پروژه معدنی بر محیط زیست توسط گروهی از کارشناسان و اساتید خبره تعریف شد. مهمترین متغیرهای خرد از بین بیش از ۱۰۰ متغیر خرد برای توسعه این مدل انتخاب شد. در نهایت ۸ متغیر ترکیبی با استفاده از رویکرد مخاطرات پروژه طراحی شد. با استفاده از داده‌های ریز متغیرهای منتخب استخراج شده از GEE، عملیات میدانی و داده‌های کتابخانه‌ای، متغیرهای ترکیبی با توجه به سطح تهدید محیط فیزیکی، بیولوژیکی و محیط انسانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس سطح مخاطرات متغیرهای ترکیبی و متغیر ترکیبی مزیت پروژه، مدل MEPF با پاسخی مبتنی بر پذیرش یا رد پروژه تعریف شد. میزان موفقیت این مدل با ۲ معدن بررسی شد. فعالیت‌های پروژه معدن کج و معدن خطیبی در این مدل به صورت مشروط پذیرفته شد. این دو معدن از سازمان محیط زیست مجوز فعالیت گرفتند و در حال فعالیت هستند. با توجه به نتایج مطالعات موردی، عملکرد مدل جدید پیش سنجی محیط زیست پروژه معدن موفقیت آمیز بود.

کلیدواژه‌ها: الگوی MEPF، معدنکاری، متغیرهای ترکیبی، مؤلفه‌های محیط زیستی، مخاطرات پروژه.

استناد: جعفری، کبریا؛ احمدی زاده، سعیدرضا؛ دوستی، محمدرضا و ابراهیمی، امیر (۱۴۰۵). معرفی الگوی جدید در ارزیابی اثرات محیط زیستی کاربری معدن: الگوی پیش سنجش محیط زیستی طرح‌های معدنی (MEPF). *نشریه پژوهش‌های محیط زیست*، ۱۷ (۳۳)، ۱۳۳-۱۵۰.

<https://doi.org/10.22034/eiap.2025.237717>



© نویسندگان.

ناشر: انجمن ارزیابی محیط زیست ایران.

سرآغاز

با توجه به رشد روزافزون جمعیت، منابع معدنی به‌عنوان بخش عمده درآمد جامعه نقش حیاتی در توسعه اقتصادی و اجتماعی داشته (Rahnamabargard et al., 2020; Afzali., 2022; Zhang et al., 2023) و محرک کلیدی در رشد اشتغال، زیرساخت‌ها و تأمین مواد اولیه ضروری برای رشد صنعتی عمل کرده است (Badamfirooz et al., 2021; Worlanyo et al., 2021; Pinilla et al., 2024). تجزیه و تحلیل گسترده‌ای از ۸۰۰ معدن در ۴۴ کشور در حال توسعه انجام شد که نشان داد عملیات معدنی دستاوردهای اقتصادی قابل‌توجهی در بلندمدت به همراه دارد (Heydari & Osanli., 2024). در حالی که برخی ظهور معدن را به‌عنوان ایجاد چشم‌انداز مثبت در جامعه می‌دانند، برخی دیگر معتقدند که فعالیت‌های معدنی بر تمام اجزای اکوسیستم اثرات موقت تا دائمی، قابل‌برگشت تا غیرقابل‌برگشت بر جای می‌گذارد (Vinayagam et al., 2024; Worlanyo et al., 2021). از جمله اثرات منفی بر محیط‌زیست می‌توان به آلودگی فلزات سنگین در محدوده معدن، از بین رفتن پوشش گیاهی، از بین رفتن زیستگاه و تنوع‌زیستی، اختلال در زنجیره غذایی، آلودگی خاک، هوا، آب و تغییر شکل زمین اشاره کرد (Wang et al., 2021 & Awiwou et al. 2023; Hassanzad et al., 2024). مدیریت مناسب محیطی مستلزم درک این موضوع است که چگونه فعالیت معدنکاری ویژگی‌های محیط را تغییر می‌دهد و این تغییرات چگونه بر یک منطقه تأثیر می‌گذارد (Blanche et al., 2024). بر این اساس، ارزیابی و توانایی پیش‌بینی و تعیین کمی و کیفی اثرات محیط‌زیست ناشی از فعالیت‌های معدنی برای تعیین تعادل بهینه حیاتی است (Pinilla et al., 2024; Oghly. 2023). ارزیابی اثرات محیط‌زیست^۱ فرایندی گروهی و زمان‌بر است که در آن متخصصان، اثرات مثبت و منفی طرح‌های توسعه‌ای را پیش از آغاز، در حین اجرا و پس از پایان آنها بر روی اجزای محیط‌زیستی (فیزیکی، بیولوژیکی، اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی) مورد ارزیابی قرار می‌دهند و اقداماتی را برای کاهش اثرات نامطلوب بر محیط‌زیست پیشنهاد می‌کنند. نتیجه چنین ارزیابی برای هدایت مسیرهای تصمیم‌گیری بعدی استفاده می‌شود (Mirsanjari & Rezapour., 2020; Tilloy., 2023; Kartoolinejad et al., 2024; Pahlavani et al., 2024). در تحقیقی که توسط (Ayiwou et al., 2023) در منطقه آداماوا با رویکرد استفاده از سنجش‌ازدور و ماتریس لئوپولد برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی معدن طلای ناکامبول انجام شد، با محاسبه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده^۲ مشخص شد که فعالیت معدنی در این منطقه عمدتاً منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی و افزایش خاک لخت شده است (Blanche et al., 2024). در پژوهشی با عنوان ارزیابی کمی اثرات اکولوژیکی و محیط‌زیستی ناشی از معادن آینده به بررسی ۴ معدن طلا در استان گوانگدونگ به این نتیجه رسیدند که قابل توجه‌ترین اثرات محیط‌زیستی ناشی از تخلیه فاضلاب و بلایای زمین‌شناسی بالقوه، عمدتاً به دلیل مصرف بالای آب در کارخانه‌های ذوب و استخراج معادن زیرزمینی است (Zhang et al., 2023). در پژوهشی، یک الگو ارزیابی تأثیر اجتماعی ۳۷ عاملی برای معدن پیشنهاد شد. با این حال، تنها بر اثرات اجتماعی تمرکز دارد، نه اثرات محیط‌زیستی و اقتصادی (Heydari et al., 2023). همچنین، Heydari & Osanloo (2024) یک الگو ۴۴ عاملی ارزیابی اثرات محیط‌زیستی برای معادن روباز پیشنهاد کردند. ایران ذخایر معدنی متنوعی دارد و بهره‌برداری از این ذخایر مهم، ابزار مؤثری در جهت پیشبرد و تحقق اهداف پیش‌بینی‌شده در قانون اساسی، قانون برنامه‌های پنج‌ساله و سند چشم‌انداز است (Zeinali Nezhad Ferdoseieh et al., 2023). با به دست آوردن درک درستی از سرزمین قبل از انجام فعالیت‌های معدنی، توانایی تصمیم‌گیری برای شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها در ایجاد چشم‌انداز پایدارتر کاربری معدن بهتر می‌شود. در همین راستا، سازمان محیط‌زیست تمام طرح‌های توسعه مهم از جمله معادن گروه ۶ به بالا که دارای اثرات سوء بر محیط‌زیست هستند را موظف به انجام پروژه ارزیابی اثرات محیط‌زیست می‌نماید. این پروژه‌ها بسیار زمان‌بر و پرهزینه هستند. لذا این تحقیق به دنبال راه‌حلی سریع برای برآورد ظرفیت منطقه در اجرای یک پروژه معدنی، به‌صورت مقدماتی قبل از انجام پروژه سنگین و پرهزینه ارزیابی اثرات توسعه محیط‌زیستی می‌باشد. بر همین اساس این پژوهش با هدف تسهیل در فرایند تصمیم‌گیری، اجرای توسعه پایدار، تعیین آستانه تغییر یا تخریب محیط‌زیست با توجه به مخاطرات پروژه، حمایت از سرمایه دولت، حمایت از زمان و سرمایه‌گذار صورت گرفت، معرفی الگوی جدید پیش‌سنجی محیط‌زیستی با تکیه بر حداقل مخاطرات کاربری معدن بر محیط‌زیست و محیط‌زیست انسانی لازم و ضروری است.

1. Environmental Impact Assessment
2. Normalized Difference Vegetation Index

مواد و روش‌ها

روش تحقیق

در پژوهش حاضر، الگوی جدید پیش‌سنجی محیط‌زیستی پروژه‌های معدنی بر مبنای مخاطرات پروژه بر محیط‌زیست معرفی شد. طراحی این الگو، توسط یک گروه متخصص و با تجربه انجام شد. عموماً برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌ها متغیرهایی نظیر، شکل زمین، گسل، فرسایش، سرعت و جهت باد غالب، دما، بارش و ... مورد بررسی قرار می‌گیرند، در این پژوهش از بین بیش از ۱۰۰ ریزمتغیر متداول که در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌ها و دستورالعمل‌های تخصصی تهیه شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست، در ایران و جهان به کار می‌رود (EIA Technical Review Guideline., 2011)، ریزمتغیرهای کلیدی برای طراحی الگوی پیش‌سنجی جدید انتخاب شد. این ریزمتغیرهای کلیدی مربوط به محیط فیزیکی، طبیعی و انسانی می‌باشند (EIA Technical Review Guideline., 2022; Soory., 2011). با ترکیب ریزمتغیرها با استفاده از تجربه متخصصین و میزان مخاطراتی که پروژه بر روی محیط اعمال می‌کنند، ۸ متغیر ترکیبی تعریف شد. ریزمتغیرها با توجه به خصوصیت فیزیکی (مانند نفوذپذیری خاک) و فاصله از پروژه (مانند فاصله از آب‌های سطحی) بر اساس شدت مخاطرات پروژه و یا بر اساس احتمال بروز مخاطرات به صورت کیفی از تأثیر کم تا تأثیر زیاد طبقه‌بندی شدند. سپس این طبقات کیفی با امتیازدهی در بازه ۰ تا ۱۰۰ به صورت کمی تبدیل شد. امتیازدهی متغیرهای ترکیبی به صورت وزنی انجام گرفت. فعالیت‌های مثبت پروژه معدن مانند جنبه‌های اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی با عنوان «متغیر ترکیبی مزیت پروژه» لحاظ گردید. در نهایت با توجه به درصد مخاطرات و درصد مزیت پروژه، در خصوص اجرا یا عدم اجرای پروژه مطابق جدول (۱۰) تصمیم‌گیری شد. قابل ذکر است که اولین گام در اجرای الگو، این است که ممنوعیت و قوانین محیط‌زیست هر کشور بررسی شود، چنانچه طرح، مشمول ممنوعیت یا محدودیت قانونی نباشد، توسط الگوی MEPF قابل اجرا است.

متغیرهای ترکیبی در بحث مخاطرات محیط‌زیستی

در این پژوهش، درصد مخاطرات پروژه بر هر یک از متغیرهای ترکیبی با استفاده از رابطه مرتبط تعریف شد. هر رابطه متشکل از ریزمتغیرها می‌باشد که با نظر متخصصین بر اساس میزان اهمیت وزن‌دهی شدند.

- متغیر ترکیبی مخاطرات آلاینده ناشی از طرح معدنی (MP)

$$MP = (0.6 \times a) + (0.4 \times b) \quad \text{رابطه (۱)}$$

(a): امتیاز ریزمتغیر شاخص نوع آلاینده (بر اساس طبقه‌بندی عناصر معدنی در قانون معادن کشور)

(b): امتیاز ریزمتغیر غلظت آلاینده

امتیازبندی مخاطره‌آمیزی متغیر ترکیبی مخاطرات آلاینده ناشی از طرح معدنی نیز در ادامه آمده است جدول (۱).

جدول ۱. متغیر ترکیبی مخاطرات آلاینده

الف: شاخص نوع آلاینده		ب: غلظت آلاینده (ppm)	
طبقه‌بندی	امتیاز (a)	طبقه‌بندی	امتیاز (b)
کم خطر	۱-۲۰	< 1 غلظت آلاینده	۰-۱۹
با خطر متوسط	۲۱-۷۰	$1 \leq$ غلظت آلاینده	۲۰-۵۹
پرخطر	۷۱-۱۰۰	$100 \leq$ غلظت آلاینده	۶۰-۷۹
		$1000 \leq$ غلظت آلاینده	۸۰-۹۹
		غلظت آلاینده ≤ 1000	۱۰۰

– متغیر ترکیبی مخاطرات ناشی از پروژه بر هوا (Air)

$$\text{Air} = (0.3 \times a) + (0.3 \times b) + (0.4 \times c) \quad \text{رابطه (۲)}$$

(a): امتیاز ریزمتغیر میزان آلودگی ناشی از PM_{10}

(b): امتیاز ریزمتغیر میزان آلودگی ناشی از $\text{PM}_{2.5}$

(c): امتیاز ریزمتغیر سرعت باد غالب

امتیازبندی مخاطره‌آمیزی متغیر ترکیبی مخاطرات ناشی از پروژه بر هوا نیز در ادامه آمده است جدول (۲).

جدول ۲. ریزمتغیرهای مخاطرات پروژه بر هوا

الف: میزان آلودگی ناشی از $\text{PM}_{2.5}$		ب: میزان آلودگی ناشی از PM_{10}	
طبقه‌بندی (a: حد مجاز)	امتیاز (a)	طبقه‌بندی (a: حد مجاز)	امتیاز (b)
$1a \leq$ میزان آلودگی	۱	$1a \leq$ میزان آلودگی	۱
$1/6a < \text{میزان آلودگی} \leq 1/2a$	۱۰	$1/6a < \text{میزان آلودگی} \leq 1/2a$	۱۰
$2/8a < \text{میزان آلودگی} \leq 2/2a$	۲۰	$1/4a < \text{میزان آلودگی} \leq 1/6a$	۲۰
$3/4a < \text{میزان آلودگی} \leq 2/8a$	۳۰	$1/6a < \text{میزان آلودگی} \leq 1/4a$	۳۰
$4a < \text{میزان آلودگی} \leq 3/4a$	۴۰	$1/8a < \text{میزان آلودگی} \leq 1/6a$	۴۰
$4/6a < \text{میزان آلودگی} \leq 4a$	۵۰	$2/8a < \text{میزان آلودگی} \leq 1/8a$	۵۰
$5/2a < \text{میزان آلودگی} \leq 4/6a$	۶۰	$2/2a < \text{میزان آلودگی} \leq 2/8a$	۶۰
$5/8a < \text{میزان آلودگی} \leq 5/2a$	۷۰	$2/4a < \text{میزان آلودگی} \leq 2/2a$	۷۰
$6/4a < \text{میزان آلودگی} \leq 5/8a$	۸۰	$2/6a < \text{میزان آلودگی} \leq 2/4a$	۸۰
$7a < \text{میزان آلودگی} \leq 6/4a$	۹۰	$2/8a < \text{میزان آلودگی} \leq 2/6a$	۹۰
میزان آلودگی $7a <$	۱۰۰	میزان آلودگی $3a <$	۱۰۰
ج: سرعت باد غالب (m/s)			
طبقه‌بندی	امتیاز (c)		
۵ – ۵/۵	۸۰ – ۱۰۰		
۵ – ۱۰	۵۰ – ۷۹		
۱۰ – ۱۵	۲۰ – ۴۹		
۱۵ – ۲۰	۱ – ۱۹		

– متغیر ترکیبی مخاطرات ناشی از پروژه بر آب‌های سطحی (SW)

$$\text{SW} = (0.3 \times a) + (0.3 \times b \times p_b) + (0.4 \times c) \quad \text{رابطه (۳)}$$

(a): امتیاز ریزمتغیر فاصله از آب‌های سطحی: حداقل فاصله مجاز فعالیت‌های معدنی از حاشیه آب‌های سطحی ۵۰۰ متر است

(Environmental Protection Organization, 2022). بر اساس شدت و احتمال بروز مخاطرات، فاصله از آب‌های سطحی از ۵۰۰

متر تا ۱۵۰۰ متر در نظر گرفته شد رابطه (۴).

$$a = 100 - \frac{100}{1000}(x - 500) \quad \text{رابطه (۴)}$$

(b): امتیاز ریزمتغیر میزان آلودگی فاضلاب

(p_b): احتمال نشت آلودگی: احتمال انتقال آلودگی فاضلاب به آب‌های سطحی بین صفر تا ۱ تعیین شد.

(c): امتیاز ریزمتغیر اهمیت آب سطحی

امتیازبندی مخاطره آمیزی متغیر ترکیبی مخاطرات ناشی از پروژه بر آب های سطحی نیز در ادامه آمده است جدول (۳).

جدول ۳. ریزمتغیرهای مخاطرات پروژه بر آب های سطحی

الف: غلظت آلودگی فاضلاب (a: حد مجاز)		ب: اهمیت آب های سطحی	
طبقه بندی	امتیاز (b)	طبقه بندی	امتیاز (c)
غلظت آلودگی $a \geq$	۱	دائمی پر آب	۷۶-۱۰۰
$1/2a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/1a$	۱۰	دائمی کم آب	۵۱-۷۵
$1/3a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/2a$	۲۰	فصلی و موقت پر آب	۲۶-۵۰
$1/4a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/3a$	۳۰	فصلی و موقت کم آب	۱-۲۵
$1/5a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/4a$	۴۰	دائمی پر آب	۷۶-۱۰۰
$1/6a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/5a$	۵۰		
$1/7a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/6a$	۶۰		
$1/8a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/7a$	۷۰		
$1/9a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/8a$	۸۰		
$2a \leq$ غلظت آلودگی $< 1/9a$	۹۰		
غلظت آلودگی $< 2a$	۱۰۰		

- متغیر ترکیبی مخاطرات پروژه بر روی آب های زیرزمینی (GW)

$$GW = (0.3 \times a) + (0.25 \times b) + (0.25 \times c) + (0.2 \times d) \quad \text{رابطه (۵)}$$

(a): امتیاز ریزمتغیر نفوذپذیری خاک

(b): امتیاز ریزمتغیر عمق سطح ایستابی

(c): امتیاز ریزمتغیر فاصله از گستره آبخوان: مطابق دستورالعمل تهیه شده توسط معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی حداقل فاصله مرز آبخوان و حداکثر فاصله ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته شد. با توجه به این که این فاصله از یک رابطه خطی درجه ۱ تبعیت می کند، رابطه (۶) تعریف شد.

$$a = 100 - \frac{100}{1000} x \quad \text{رابطه (۶)}$$

(d): امتیاز ریزمتغیر فاصله از چاه و چشمه و قنات: در ضوابط استقرار فاصله حد مجاز از چاه و قنات و چشمه ۵۰۰ متر است. با توجه به میزان و شدت اثرات، با نظر متخصصین حداکثر فاصله ۱۵۰۰ متر در نظر گرفته شد. بر همین اساس، رابطه (۷) امتیازبندی مخاطره آمیزی متغیر ترکیبی مخاطرات ناشی از پروژه بر آب های سطحی نیز در ادامه آمده است جدول (۴).

$$d = 100 - \frac{100}{1000} (x - 500) \quad \text{رابطه (۷)}$$

- متغیر ترکیبی مخاطرات پروژه بر محیط خاک (s)

$$S = (0.5 \times a) + (0.2 \times b \times p_b) + (0.3 \times c \times p_c) \quad \text{رابطه (۸)}$$

جدول ۴. مخاطرات ناشی از پروژه بر روی آبخوان

الف: نفوذپذیری (cm/s)		ب: فاصله از عمق سطح ایستابی (متر)	
طبقه‌بندی	امتیاز (a)	طبقه‌بندی	امتیاز (b)
میزان نفوذپذیری خاک $> 10^{-5}$	۱	$20 < \text{عمق} \leq 50$	۱۰۰
$10^{-5} < \text{میزان نفوذپذیری خاک} \leq 10^{-3}$	۱۰	$50 < \text{عمق} \leq 100$	۷۰
$10^{-3} < \text{میزان نفوذپذیری خاک} \leq 10^{-2}$	۳۰	$100 < \text{عمق} \leq 150$	۵۰
$10^{-2} < \text{میزان نفوذپذیری خاک} \leq 10^{-1}$	۷۰	$150 < \text{عمق} \leq 200$	۳۰
میزان نفوذپذیری خاک $\leq 10^{-1}$	۱۰۰	عمق ≤ 200	۱۰
		عمق ≤ 200	۱

(a): امتیاز متغیر ترکیبی مخاطرات آلاینده: مقدار درصد متغیر ترکیبی مخاطرات آلاینده MP را در این قسمت قرار می‌دهیم.

(b): امتیاز ریزمتغیر شدت فرسایشی بودن منطقه

(c): امتیاز ریزمتغیر شدت رانشی بودن منطقه

احتمال فرسایش (p_b) و رانش (p_c): میزان احتمال فرسایش و احتمال رانش بین صفر تا ۱ تعریف شد.

امتیازبندی مخاطره‌آمیزی متغیر ترکیبی مخاطرات ناشی از پروژه بر آب‌های سطحی نیز در ادامه آمده است جدول (۵).

جدول ۵. ریزمتغیر مخاطرات پروژه بر محیط خاک

طبقه‌بندی شدت فرسایش و رانش	امتیاز (b), (c)
خیلی زیاد	۸۱-۱۰۰
زیاد	۵۱-۸۰
متوسط	۳۱-۵۰
کم	۱۱-۳۰
خیلی کم	۱-۱۰

- مخاطرات پروژه بر محیط جانوری (F_a)

$$F_a = (0.5 \times a) + (0.3 \times b) + (0.2 \times c \times i_c) \quad \text{رابطه (۹)}$$

(a): امتیاز ریزمتغیر فاصله از مناطق چهارگانه

(b): امتیاز ریزمتغیر فاصله از زیستگاه‌های مهم و با ارزش: حد مجاز فاصله از این مناطق طبق دستورالعمل سازمان محیط‌زیست می‌باشد.

در این ریزمتغیر فاصله از مرز خارجی بافر و حداکثر ۲۵ کیلومتر در نظر گرفتند. بر همین اساس رابطه‌های (۱۰ و ۱۱) تعریف شد.

$$a = 100 - \frac{100}{25000} x \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$b = 100 - \frac{100}{25000} x \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

(c): امتیاز ریزمتغیر گذر حیوانات وحشی: حدفاصل مرز خارجی گذر به‌عنوان حداقل فاصله تا حداکثر ۱۰ کیلومتر را به‌عنوان دامنه اثر در

نظر گرفته شد و رابطه (۱۲) تعریف شد.

$$c = 100 - \frac{100}{10000} x \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

(i_c): اهمیت گذر حیوانات وحشی: با نظر متخصصین بر اساس اهمیت گذر، میزان اهمیت بین صفر تا ۱ تعریف شد.

- متغیر ترکیبی مخاطرات پروژه معدنی بر محیط گیاهی (FI)

$$FI = (0.5 \times a) + (0.5 \times b \times Ic) \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

(a): امتیاز ریزمتغیر فاصله از زیستگاه‌های مهم و با ارزش: با توجه به حداقل فاصله بازه مرز خارجی بافر و حداکثر فاصله ۲۵ کیلومتر رابطه (۱۴)، را تعریف کردند.

$$a = 100 - \frac{100}{25000} x \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

(b): امتیاز ریز متغیر درصد تراکم و پوشش منطقه جدول (۶).

(Ic): میزان اهمیت پوشش گیاهی: با نظر متخصصین بر اساس اهمیت گذر، میزان اهمیت بین صفر تا ۱ تعریف شد.

جدول ۶. درصد تراکم و پوشش گیاهی منطقه

طبقه‌بندی	امتیاز (b)
۰-۵	۱-۱۹
۶-۱۵	۲۰-۳۹
۱۶-۲۵	۴۰-۵۹
۲۶-۳۵	۶۰-۷۹
۳۶-۴۵	۸۰-۹۹
$45 \leq$	۱۰۰

- متغیر ترکیبی مخاطرات پروژه معدنی بر محیط انسانی (H)

$$H = (0.2 \times a \times I_a) + (0.2 \times b \times I_b) + (0.2 \times c \times I_c) + (0.2 \times d \times I_d) + (0.2 \times e) \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

(a): امتیاز ریز متغیر فاصله از مناطق تاریخی، مذهبی، فرهنگی، رفاهی، زندان و نظامی: با توجه به قوانین و ضوابط استقرار واحدهای تولیدی و صنعتی (۱۴۰۱) حداقل فاصله ۱۰۰۰ می‌باشد که با توجه به احتمال و شدت اثر حداکثر فاصله ۳۰۰۰ متر با نظر متخصصین تعیین گردید و برای تعیین میزان مخاطره رابطه (۱۶)، تعریف شد.

$$a = 100 - \frac{100}{2000} (x - 1000) \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

(b): امتیاز ریزمتغیر فاصله از مراکز صنعتی، تولیدی و کشاورزی: با توجه به قوانین و ضوابط استقرار واحدهای تولید و صنعتی (۱۴۰۱) حداقل فاصله برای این ریزمتغیر ۵۰۰ متر می‌باشد که با توجه به احتمال و شدت اثر با نظر متخصصین حداکثر فاصله ۲۵۰۰ متر تعیین شد و برای تعیین میزان مخاطره رابطه (۱۷)، تعریف گردید.

$$b = 100 - \frac{100}{2000} (x - 500) \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

(c): امتیاز ریزمتغیر فاصله از محیط مسکونی شهری: بر اساس قوانین و ضوابط استقرار حداقل فاصله‌ای برای این ریزمتغیر ۱۵۰۰ متر و با توجه به احتمال و شدت اثر با نظر متخصصین حداکثر فاصله ۳۵۰۰ متر نظر گرفته شد. برای تعیین میزان مخاطره رابطه (۱۸)، تعریف شد.

$$c = 100 - \frac{100}{2000} (x - 1500) \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

(d): امتیاز ریزمتغیر فاصله از محیط مسکونی روستایی: بر اساس قوانین و ضوابط استقرار حداقل فاصله ۱۲۰۰ متر است که بر اساس شدت و احتمال اثر حداکثر فاصله ۳۲۰۰ متر در نظر گرفته شد. برای تعیین میزان مخاطره رابطه (۱۹)، تعریف شد.

$$d = 100 - \frac{100}{2000}(x - 1200) \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

(e): امتیاز ریزمتغیر جمعیت تحت تأثیر مستقیم جدول (۷).
درجه اهمیت محیط انسانی (I_a, I_b, I_c, I_d): درجه اهمیت برای هر یک از ریز متغیرهای a, b, c, d بین صفر تا ۱ نرمال شد.

جدول ۷. جمعیت تحت تأثیر مستقیم

امتیاز (e)	جمعیت تحت تأثیر مستقیم
۳۰-۱	۱۰۰۰۰>
۷۰-۳۰	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰
۹۹-۷۰	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
۱۰۰	۱۰۰۰۰۰۰<

– متغیر ترکیبی مزایای پروژه (اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی)

هر پروژه معدنی علاوه بر اثرات منفی بر محیط‌زیست، دارای اثرات مثبت بر وضعیت اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی محیط‌زیست انسانی داراست، که این مهم را در قالب متغیر ترکیبی مزایای ویژه پروژه در الگو تعریف کردیم.

$$\%E, S, Cx = (0.5 \times a) + (0.25 \times b) + (0.15 \times c) + (0.1 \times d) \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

(a): امتیاز ریزمتغیر میزان اشتغال (تعداد افراد در اشتغال مستقیم)

(b): امتیاز ریزمتغیر ایجاد امنیت منطقه

(c): امتیاز ریزمتغیر تعداد نیروی ماهر و متخصص

(d): امتیاز ریزمتغیر میزان تأمین زیرساخت‌ها

قابل ذکر است که در این متغیر ترکیبی هر چه امتیاز از ۱ به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، مزیت ریزمتغیر بیشتر است جدول (۸).

جدول ۸. ریز پارامترهای مزایای پروژه

(الف): ریزمتغیر ایجاد اشتغال		(ب): ریزمتغیر سطح امنیت	
طبقه‌بندی	امتیاز (a)	طبقه‌بندی	امتیاز (b)
$1 \geq n > 25$	۰-۲۴	ناچیز	۰-۲۰
$25 \geq n > 50$	۲۵-۴۹	کم	۲۱-۴۰
$50 \geq n > 70$	۵۰-۷۴	متوسط	۴۱-۶۰
$75 \geq n > 100$	۷۵-۹۹	زیاد	۶۱-۸۰
$100 \leq$	۱۰۰	خیلی زیاد	۸۱-۱۰۰
(ج): ریزمتغیر مهارت و تخصص		(د): ریز متغیر تأمین زیرساخت‌ها	
طبقه‌بندی	امتیاز (c)	طبقه‌بندی	امتیاز (d)
۱-۵	۱-۲۴	آب	۰-۲۵
۶-۱۰	۲۵-۴۹	برق	۰-۲۵
۱۱-۱۵	۵۰-۷۴	سوخت و انرژی	۰-۲۵
۱۶-۲۰	۷۵-۹۹	ایجاد راه	۰-۲۵
$20 \leq$	۱۰۰	مجموع امتیاز	...

با توجه به اثرات فعالیت‌های معدنی بر محیط‌های فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی، امتیاز مناسب توسط متخصصین به ریزمتغیرهای ترکیبی اختصاص یافت، و در نهایت امتیاز هر ۹ متغیر ترکیبی به‌دست آمد. در این الگو برای نشان دادن میزان اثرات کاربری معدن بر محیط‌زیست، با توجه به درصد پارامتر ترکیبی مزیت پروژه و درصد مخاطره‌آمیزی هر پارامترهای ترکیبی، قبول یا رد پروژه تعریف شد جدول (۹).

۱- اثرات پروژه کم تا متوسط باشد.

اگر امتیاز مخاطرات ۳ متغیر ترکیبی (یا کمتر) از ۸ متغیر ترکیبی بیش از ۵۰ درصد باشد و امتیاز مزیت پروژه بیشتر و یا کمتر از ۵۰ درصد باشد، پروژه قبول مشروط است در صورتی که برای جبران اثرات، اقدامات اصلاحی انجام گیرد و برای جبران پیامدها، بهسازی صورت گیرد.

۲- اثرات پروژه زیاد باشد.

الف- اگر امتیاز مخاطرات ۴ متغیر ترکیبی از ۸ متغیر ترکیبی بیش از ۵۰ درصد باشد و امتیاز مزیت پروژه بیشتر از ۵۰ درصد باشد، پروژه قبول مشروط است در صورتی که برای جبران اثرات، اقدامات اصلاحی انجام گیرد و برای جبران پیامدها، بهسازی صورت گیرد.

ب- اگر امتیاز مخاطرات ۴ متغیر ترکیبی از ۸ متغیر ترکیبی بیش از ۵۰ درصد باشد و امتیاز مزیت پروژه کمتر از ۵۰ درصد باشد، پروژه رد می‌باشد.

۳- اثرات پروژه خیلی زیاد باشد.

اگر امتیاز مخاطرات ۵ متغیر ترکیبی از ۸ متغیر ترکیبی بیش از ۵۰ درصد باشد، بدون در نظر گرفتن امتیاز متغیر ترکیبی مزیت، پروژه رد می‌باشد.

جدول ۹. طبقه‌بندی ارزیابی طرح‌های معدنی بر اساس الگو جدید پیش‌سنجی محیط‌زیستی طرح‌های معدنی

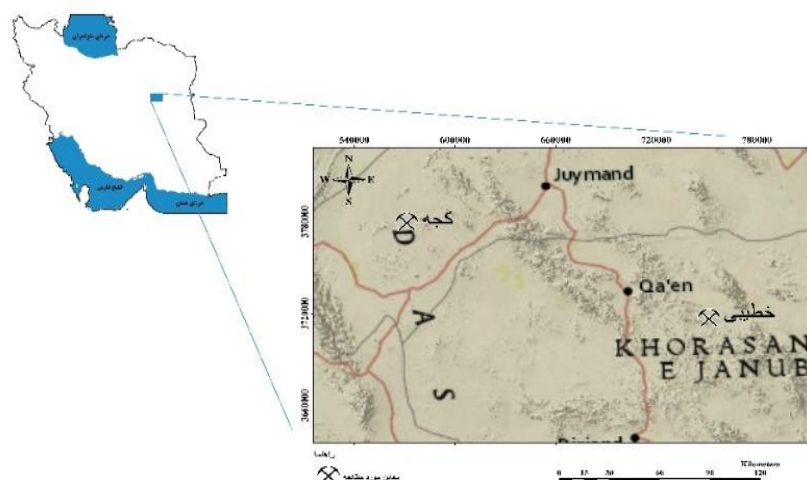
طبقه‌بندی میزان مخاطره‌آمیزی پروژه	امتیاز مخاطره بیشتر از ۵۰ درصد	امتیاز مزیت پروژه بیشتر از ۵۰ درصد	مزیت پروژه کمتر از ۵۰ درصد	نتیجه ارزیابی
کم تا متوسط	$\leq \frac{3}{8}$	✓	✓	قبول مشروط
زیاد	$\frac{4}{8}$	✓	-	قبول مشروط
زیاد	$\frac{4}{8}$	-	✓	رد
خیلی زیاد	$\frac{5}{8}$	✓	✓	رد

مطالعه‌های موردی

برای اجرای الگو MEPF از دو معدن، سرب و روی کجه و معدن مس خطیبی به‌عنوان مطالعه موردی استفاده شد شکل (۱).

معدن سرب و روی کجه

ایران پس از چین، قزاقستان و هند جایگاه چهارم در تولید روی در آسیا را دارد. در ایران ۴۳ معدن سرب و روی وجود دارد که از این تعداد ۲۱ معدن فعال، ۱۵ معدن غیرفعال و ۷ معدن در حال تجهیز می‌باشند. معدن سرب و روی کجه، از نظر موقعیت جغرافیایی محل اجرای پروژه معدن، در استان خراسان جنوبی، این معدن ۴۶ کیلومتری از شمال غربی شهرستان فردوس، در ۴ کیلومتری جنوب شرقی روستای کجه با مساحتی حدود ۱۸۲ هکتار واقع شده است شکل (۱). این محدوده در سال ۱۴۰۱ مجوز واحد صنعتی را دریافت کرد. این معدن در حال حاضر با دریافت مجوز از ارگان‌های ذی‌ربط و از جمله سازمان محیط‌زیست، در حال فعالیت است.



شکل ۱. موقعیت محدوده معدن سرب و روی کجه و معدن مس خطیبی

داده‌های منطقه معدنی سرب و روی کجه:

جدول (۱۰) اطلاعات مرتبط به ریزمتغیرهای انتخابی در الگو جدید ارزیابی سریع را در محیط فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی در منطقه نسبت به موقعیت معدن بیان می‌کند (داده‌ها در این پژوهش، عمدتاً از ارزیابی‌های اثرات محیط‌زیستی و طرح توسعه معدن کجه، همراه با بررسی‌ها و بحث‌های متخصصین به‌دست آمده است).

جدول ۱۰. داده‌های جمع‌آوری‌شده از محدوده مورد مطالعه معدن سرب و روی کجه

ریزمتغیر	داده	ریز متغیر	داده
شاخص نوع آلاینده (مس)	طبقه دو تقسیم‌بندی معادن - ردیف با خطر متوسط	فاصله از زیستگاه‌های مهم و با ارزش جانوری	-
غلظت آلاینده	۲۰	گذر حیوانات وحشی	-
میزان آلودگی ناشی از ذرات PM ₁₀	$1/8 a < p \leq 2a$	فاصله از زیستگاه‌های مهم و با ارزش گیاهی	-
میزان آلودگی ناشی از ذرات PM _{2.5}	$2/2 a < p \leq 2/8 a$	تراکم پوشش گیاهی	ناچیز تا کم
سرعت باد	۳/۲ m/s	فاصله از مراکز تاریخی، مذهبی و ...	۳۷ km
فاصله از آب‌های سطحی	۶۴ km	فاصله از مراکز صنعتی، کشاورزی و ...	۴۲ km
احتمال نشت آلودگی	۰	فاصله از مناطق مسکونی شهری	۴۷ کیلومتر
نوع آب سطحی	رودخانه فصلی	فاصله از مناطق مسکونی روستایی با طرح هادی	۳ کیلومتر
نفوذپذیری خاک	10^{-3} m/s	جمعیت تحت تأثیر مستقیم	کمتر از ۵۰۰ نفر
عمق سطح ایستابی	۸۰ m	تعداد افراد در اشتغال مستقیم	۱۵۰ نفر
فاصله از گستره آبخوان	بر روی آبخوان دشت کویر بجستان	تعداد افراد ماهر و تخصص	۴۰ درصد
فاصله از چاه، چشمه، قنات	-	سطح امنیت منطقه	کم
فرسایش	متوسط تا زیاد	تأمین زیرساخت‌ها	ایجاد راه جدید
رانش	بسیار پایین		
فاصله از منطقه چهارگانه	۵۰۰ متر		

معدن مس خطیبی

بر اساس آخرین گزارش (United States Geological Survey (2022)، ایران بعد از کشورهای شیلی، استرالیا، پرو و روسیه به ردیف

پنجم صعود کرده است. ارزش ذخایر مس ایران ۵۵۰ میلیارد دلار برآورد می‌شود. سهم صادرات مس تا پایان هفت ماه نخست سال ۱۴۰۳ به حدود ۵۰۰ میلیون دلار رسیده است. معدن مس خطیبی از لحاظ جغرافیایی در استان خراسان جنوبی، در حوالی روستای خطیبی و ۶ کیلومتری شهرک افین قرار دارد شکل (۱). این معدن با محدوده‌ای به مساحت تقریبی ۱۱/۹۷۶ کیلومتر، در سال ۱۴۰۰ مجوز بهره‌برداری از سازمان صنعت و معدن را دریافت نمود. در حال حاضر با دریافت مجوز از ارگان‌های ذی‌ربط و همچنین سازمان محیط‌زیست، در حال فعالیت است.

داده‌های منطقه معدنی مس خطیبی

جدول (۱۱) اطلاعات مرتبط به ریزمتغیرهای انتخابی در الگو MEPF را در محیط فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی در منطقه نسبت به موقعیت معدن بیان می‌کند (داده‌ها در این پژوهش، عمدتاً از ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و طرح توسعه معدن مس خطیبی، همراه با بررسی‌ها و بحث‌های متخصصین به‌دست آمده است).

جدول ۱۱. داده‌های جمع‌آوری‌شده از محدوده‌ی مورد مطالعه معدن مس خطیبی

ریز متغیر	داده	ریز متغیر	داده
شاخص نوع آلاینده (مس)	طبقه دو تقسیم‌بندی معادن - ردیف با خطر متوسط	فاصله از زیستگاه‌های مهم و با ارزش جانوری	-
غلظت آلاینده	۰/۵ ppm	گذر حیوانات وحشی	-
میزان آلودگی ناشی از ذرات PM ₁₀	۱/۵ برابر حد مجاز	فاصله از زیستگاه‌های مهم و با ارزش گیاهی	-
میزان آلودگی ناشی از ذرات PM _{2.5}	۲ برابر حد مجاز	تراکم پوشش گیاهی	کم و ناچیز
سرعت باد	۴m/s	فاصله از مراکز تاریخی، مذهبی و ...	۶ کیلومتر
فاصله از آب‌های سطحی	-	فاصله از مراکز صنعتی، کشاورزی و ...	۱ کیلومتر
احتمال نشت آلودگی	-	فاصله از مناطق مسکونی شهری	۱۰ کیلومتر
نوع آب سطحی	-	فاصله از مناطق مسکونی روستایی با طرح هادی	۱۳۰۰ متر
نفوذپذیری خاک	متوسط	جمعیت تحت تأثیر مستقیم	۸۰ نفر
عمق سطح ایستایی	۱۱۸۰ متر	تعداد افراد در اشتغال مستقیم	۱۲ نفر
فاصله از گستره آبخوان	مسیر ۴ قنات متصل به مرز معدن	تعداد افراد ماهر و تخصص	۴ نفر
فاصله از چاه، چشمه، قنات	۴ مسیر قنات هم‌مرز با مرز معدن دارد	سطح امنیت منطقه	کم
فرسایش	متوسط تا زیاد	تأمین زیرساخت‌ها	آب، برق، گاز، جاده وجود دارد
رانش	مشاهده نشد		
فاصله از منطقه چهارگانه	۱۲ کیلومتر		

نتایج

ارزیابی میزان مخاطره‌آمیزی پروژه و صحت سنجی الگو

با استفاده از الگو MEPF، اثرات پروژه دو معدن سرب و روی کجه و مس خطیبی در سه محیط فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی بررسی شد. یافته‌های مرتبط با معدن سرب و روی کجه نشان داد، جدی‌ترین اثر منفی پروژه معدنی کجه بر روی محیط جانوری و آبخوان می‌باشد. با توجه به داده‌های جمع‌آوری‌شده از منطقه و امتیاز مخاطره‌پذیری پارامترهای ترکیبی به‌دست آمده در این الگو، اثرات معدن بر ۲ متغیر ترکیبی از ۸ متغیر ترکیبی بیشتر از ۵۰ درصد بوده و مزیت پروژه نیز بیشتر از ۵۰ درصد است. با توجه به طبقه‌بندی اثرات در الگوی پیش‌سنجی، انجام فعالیت معدن سرب و روی کجه مورد قبول- مشروط به اقدامات اصلاحی است جدول (۱۲).

جدول ۱۲. طبقه‌بندی میزان مخاطره‌آمیزی پروژه معدن سرب و روی کجه

طبقه‌بندی میزان مخاطره‌آمیزی پروژه	امتیاز مخاطره بیشتر از ۵۰ درصد	امتیاز مزیت بیشتر از ۵۰ درصد	مزیت ویژه کمتر از ۵۰ درصد	نتیجه ارزیابی
کم تا متوسط	$\frac{2}{8}$	$\sqrt{\quad}$	-	قبول مشروط
زیاد	-	-	-	-
	-	-	-	-
خیلی زیاد	-	-	-	-

یافته‌های مرتبط به اثرات معدن مس خطیبی بر منطقه نشان داد، که معدن مورد مطالعه، اثر منفی جدی بر هیچ یک از متغیرهای ترکیبی نداشت و امتیاز میزان مخاطره هر ۸ متغیر ترکیبی کمتر از ۵۰ درصد بود. همچنین امتیاز مزیت ویژه پروژه نیز بر منطقه کمتر از ۵۰ درصد بود. با توجه به طبقه‌بندی اثرات در الگو جدید پیش‌سنجی، انجام فعالیت معدن مس خطیبی مورد قبول- مشروط است جدول (۱۳).

جدول ۱۳. طبقه‌بندی میزان مخاطره‌آمیزی پروژه معدن مس خطیبی

طبقه‌بندی میزان مخاطره‌آمیزی پروژه	امتیاز مخاطره بیشتر از ۵۰ درصد	امتیاز مزیت بیشتر از ۵۰ درصد	مزیت ویژه کمتر از ۵۰ درصد	نتیجه ارزیابی
کم تا متوسط	$\frac{0}{8}$	$\sqrt{\quad}$	-	قبول مشروط
زیاد	-	-	-	-
	-	-	-	-
خیلی زیاد	-	-	-	-

در این پژوهش، میزان موفقیت الگو جدید پیش‌سنجی محیط‌زیست در کاربری معدن با استفاده از ۲ معدن در مختصات مختلف، صحت‌سنجی شد، و با استناد به نتایج به‌دست آمده، عملکرد این الگو موفقیت‌آمیز می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این که ایران یک کشور در حال توسعه است و برای پیشرفت خود ناچار به توسعه معادن می‌باشد، بنابراین برای توسعه پایدار صنعت معدن کشور لازم است، الگوی جدید پیش‌سنجی محیط‌زیستی طرح‌های معدنی ارائه شود. با توجه به مطالب ارائه شده، از جمله مزایای این الگو را می‌توان به انعطاف‌پذیری و کاربردی بودن برای کلیه پروژه‌های معدنی در سراسر ایران و جهان، امکان بررسی اثرات کلیدی و تعیین آستانه‌های تغییر یا تخریب‌های محیط‌زیست، تعیین وضعیت و پایش اکوسیستم‌ها قبل از اجرای پروژه معدنی، کاهش صرف هزینه و زمان برای دولت و سرمایه‌گذاران بخش معدن و همچنین بهبود فضای تصمیم‌گیری برای صدور مجوزهای محیط‌زیستی اشاره کرد. الگو جدید پیش‌سنجی با تکیه بر مخاطرات پروژه بر محیط‌زیست و محیط‌زیست انسانی تعریف شد که تهیه این الگو قبل از خرید زمین و شروع فعالیت‌های معدنی صورت می‌گیرد. در همین راستا Zhang et al., (2023) روش ارزیابی کمی قبل از ارزیابی اثرات محیط‌زیست، به‌صورت پیش ارزیابی انجام دادند. یک چارچوب پویا از کمی‌سازی اثرات محیط‌زیستی معادن، بر اساس شرایط پولی اقتصادی با استفاده از اثرات منفی وارد شده به خدمات اکوسیستم و اثرات محیط‌زیستی با ۱۵ شاخص متقابل مستقل تعریف کردند تا نشان دهند از دست دادن خدمات اکوسیستم و ارزش تأثیر محیط در هر تن می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری توسعه معادن داشته باشد. این مقاله، نزدیکترین تحقیق به این پژوهش از لحاظ زمان انجام می‌باشد. پژوهش ژانگ و همکاران، برآورد اقتصادی به آسیب‌های محیط‌زیست را نشان داد در حالی که الگوی پیش‌سنجی محیط‌زیست به مخاطرات پروژه قبل از انجام می‌پردازد و از این جهت، نقش مهمی در تصمیم‌گیری توسعه معادن دارد. با توجه به این که الگوی جدید پیش‌سنجی محیط‌زیست برای کاربری معدن در ایران برای

اولین بار تعریف شد، مقاله مشابه با این پژوهش وجود ندارد. این مطالعه یک چارچوب علمی قوی و ابزار سنجش سریع برای درک اثرات محیط‌زیستی کلیه معادن فراهم می‌کند و به هدف بزرگتر ترویج توسعه پایدار و کاهش فقر کمک می‌نماید. با اصلاح و بهبود مستمر، این الگو می‌تواند نتایج جامع‌تری را برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران ارائه دهد، در نتیجه از فرایندهای تصمیم‌گیری آگاهانه و افزایش حفاظت از محیط‌زیست در بخش معدن حمایت می‌کند.

منابع

- Afzali, A. (2022). Environmental Impact Assessment (EIA) of Coal Mines Using Iranian Leopold Matrix Method (Case Study: Khomrud Coal Mines Project, Zarand Iranian Steel Company). University of Science and Arts of Yazd. MSc thesis. (In Persian)
- Ayiwouo, M.N., Sriram, S. F., Ngounouno, F.Y., Rajagopal, K., & Ngounouno, I. (2023). Assessment of the environmental impacts of gold mining activities at Gankombol (Adamawa-Cameroon) using Leopold matrix, Fecteau grid and remote sensing approach, *African Earth Sciences Volume 207*, 105050.
- Badamfirooz, J., Sarkheil, H., & Mousazadeh, R. (2021). Estimating the Costs Incurred on Ecosystem Services of Cultivated Areas Caused by the Mining of Bauxite Metal in Jajarm, North Khorasan Using the Benefit Transfer Approach. *Environment and Interdisciplinary Development*, 6(73), 49-62. doi: 10.22034/envj.2022.323125.1176. (In Persian)
- Blanche, M.F., Dairou, A.A., Juscar, N., Romarice, O.M.F., Arsene, M., Bernard, T.L., & Leroy, M.N.L. (2024). Assessment of land cover degradation due to mining activities using remote sensing and digital photogrammetry, *Environmental Systems Research*. 13:41.
- EIA Technical Review Guideline: Non-Metal and Metal Mining. (2011). Prepared by CAFTA DR and US Country EIA and Mining Experts. EPA/315R11002. Volume I.
- European Parliament. (2008). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Official Journal of the European Union L 152. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32008L0050> (accessed on August 28, 2020).
- Freitas, A.C., Belardi, R.M., & Barbosa, H. M. J. (2022). Characterization of particulate matter in the iron ore mining region of Itabira, Minas Gerais, Brazil. *Atmosfera* 35(4), 781-802.
- Hassanzade, S., Pirkharrati, H., Ahangari, M., & Asadzadeh, F. (2024). Assessment of the potential environmental effects of newly deposited mine tailings from the Sungun Copper mine. *Iranian Journal of Health and Environment*, 17(1), 139-162. (In Persian).
- Heydari, M., Osanloo, M., & Başçetin, A. (2023). Developing a new social impact assessment model for deep open-pit mines. *Resources Policy*. 82:103485.
- Heydari, M., & Osanloo, M. (2023). Developing a New Comprehensive Environmental Impact Assessment Model for Sustainability Practice in Deep and Large-Scale Open-Pit Mines. *International Journal of Cleaner Production*. under review.
- Heydari, M., & Osanloo, M. A. (2024). New Comprehensive Model for Integrating Environmental, Economic, and Social Performance of Deep and Large-scale Open-Pit Copper Mines. *International Journal of Engineering*. Vol. 37. No. 01, 1-13.
- Kartoolinejad, D., Bashiri, H., & Rahimi, M. (2024). Investigation of the environmental and economic damages of Sang Darka-Amol coal mine to the soil, understory vegetation, and forest trees. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 13(41), 151-168. doi: 10.22111/jneh.2024.48099.2030. (In Persian).
- Mirsanjari, M., & Rezapoor Andabili, N. (2020). Evaluating the Environmental Effects of Iron Ore Production Unit (Case Study: Qinarjeh Takab Iron Ore Mining). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9(25), 159-170. doi: 10.22111/jneh.2020.31870.1569. (In Persian).
- Oghly, J.S.Z. (2023). Impact of the mining industry on people and the environmental. Theoretical Aspects in the formation of pedagogical sciences. SCIENCES. International scientific-online conference. 2(21), 143-150.
- Pahlavani, A., & Vaezi, I. (2024). Environmental impact Assessment of the development and Construction of the steel project with the rapid assessment matrix method (case study: Joveyn Sabzevar steel

- project). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 15(56), 122-105. doi: 10.22034/jargs.2024.427321.1073. (In Persian).
- Pinilla, A.R.R., & Espana, V. A. (2024). Mining in Kalmia: an opportunity for better environmental management (BOOK), DERELICT MINES, chapter 6|17 pages.
- Rahnamabargard, Z., Sajjadi, A., Naddaf, H., & Kharghani, M. (2020). Environmental Impact Assessment of Granite and Marble stone quarries Using RIAM and Iranian Leopold Matrix Methods. *Journal of Research in Environmental Health*, 5(4), 330-340. doi: 10.22038/jreh.2019.41573.1320. (In Persian).
- Soory, A. (2022). Measuring Technical Efficiency in Mining Stocks by Using Nonparametric Method (Data Envelopment Analysis). *Journal of Mining Engineering*, 17(56), 1-10.
- Tilloy, J.A. (2023). The itlos Jurisprudence Regarding the Procedural Obligation to Conduct an Environmental Impact Assessment and Its Significance for Deep Seabed Mining. BRILL NIJHOFF, 15 November 2023, 325–347.
- US-EPA. (2020). National ambient air quality standards (NAAQS) for PM. Available at: <https://www.epa.gov/pm-pollution/national-ambient-air-quality-standards-naaqs-pm> (accessed on February 15, 2021).
- Usiminas. 2020. Usiminas companies. Available at: <http://ri.usiminas.com/en/usiminas/usiminas-companies/> (accessed on February 23, 2021).
- Vinayagam, S., Sathishkumar, K., Ayyamperumal, R., Natarajan, P. M., Irfan Ahmad, I., Saeed Alabdallah, N.M., & Sundaram, T. (2024). Distribution and transport of contaminants in soil through mining processes and its environmental impact and health hazard assessment: A review of the prospective solutions, *Environmental Research, Volume 240*, Part 2, 1, 117473.
- Wang, Y., Xueling Wu, X., He, S., & Ruiqing Niu, R. (2021). Eco environmental assessment model of the mining area in Gongyi, China. *Scientific Reports*, 11:17549.
- WHO. (2008). Air quality and health – Fact sheet n° 313. Available at: <http://www.WHO.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> (accessed on August 28, 2020).
- Worlanyo, A.S., & Jiangfeng, L. (2021). Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111623>.
- Zeinali Nejad Ferdowsieh, A., Foroumand, L., & Sedaghati, K. (2023). The Role of the Government in the Management and Supervision of Mines under Iranian Law. *Iranian Journal of Mining Engineering*, 18(58), 36–48.
- Zhang, J.I., Deng, Y., Wu, C.h., Li, H., Qing, Z.h., Li, J., & Zhang, W. (2023). Quantitative evaluation of ecological and environmental impacts caused by future mining. *Ore Geology Reviews*, 162 (2023) 105672.
- Zhang, M. Yang Chen, Y. Lyulyov, O. & Pimonenko, T. (2023). Interactions between Economic Growth and Environmental Degradation toward Sustainable Development. *Systems*. MDPI, 11, 13.