

Sustainable Development in Mining Activities: The Importance of Environmental Literacy

Seyed Kamal Sadeghi^{1✉}, Randa Qassem Naji²

1. Professor of Economic Development and Planning, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran

✉ E-mail: sadeghiseyedkamal@gmail.com

2. Ph. D Student of Public Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Email: alshmariranda@gmail.com

How to Cite: Sadeghi, S. K; Qassem Naji, R. (2026). Sustainable Development in Mining Activities: The Importance of Environmental Literacy. *Geography and Development*, 24 (83), 173-190.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2025.51758.3731>

Received:

27 April 2025

Received in revised form:

20 July 2025

Accepted:

22 July 2025

Published online:

28 May 2026

ABSTRACT

Mining activities, as primary sources of raw materials, have significant impacts on the environment and local communities, including habitat destruction, water and soil pollution, and biodiversity loss. However, one of the main issues in this context is the lack of awareness and environmental literacy within mining communities, which hinders the ability to make appropriate decisions for sustainable resource management. These challenges highlight the necessity of fostering environmental literacy in mining communities as a fundamental strategy to reduce environmental harm and promote sustainable development. The present research aims to identify and analyze the factors influencing the increase of environmental literacy in mining communities. This study, as an applied research, examines the opinions of 15 experts in environmental science and development related to the mining industry and employs the fuzzy Delphi technique to achieve consensus on the identified components. In this regard, key components affecting environmental literacy were extracted and sent to the experts. The results indicate that components such as “providing incentives for participation,” “encouraging voluntary activities,” and “developing educational infrastructure” have the highest fuzzy averages and have been significantly endorsed by the experts. This research also emphasizes the importance of community participation in educational and promotional processes. Active participation of local communities can contribute to the formation of awareness and a culture of environmental protection, which is especially crucial in mining communities facing specific environmental challenges. Additionally, the use of modern technologies in environmental education has been identified as a key component that can improve access to information and educational resources. This research serves as a credible resource for policymakers and planners aimed at improving the environmental and economic performance of the mining industry and can assist in the design and implementation of effective educational and promotional programs in this field.

Keywords:

Environmental literacy,
Mining industry,
Sustainable development,
Fuzzy delphi technique.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

1. Introduction

In many mining communities, lack of environmental awareness and literacy hinders decision-making for the sustainable management of natural resources. Therefore, identifying and strengthening the factors that contribute to increasing environmental literacy in these communities is essential as a fundamental strategy to reduce environmental damage and promote sustainable development.

To address the negative consequences of mining, it is essential to promote environmental literacy among local populations. Environmental literacy is broadly defined as the ability of individuals to understand, analyze, and interact with environmental issues. This concept includes knowledge about ecological systems and the skills necessary to make informed decisions that help promote sustainability. By increasing environmental literacy, individuals can recognize the impact of their actions, advocate for sustainable practices, and participate in social discussions about environmental management.

This study seeks to identify and analyze the factors that influence the promotion of environmental literacy in mining communities, focusing on the barriers and opportunities that exist in these areas. A key aspect of this research is the importance of community participation in educational and outreach processes. Engaging local communities in environmental education is essential to fostering a culture of sustainability. When community members actively learn about environmental issues, they are more likely to apply this knowledge in their daily lives, which strengthens social bonds and encourages collective action to protect the environment.

2. Materials and Methods

The present study aimed to identify and analyze the factors affecting the increase of environmental literacy in mining communities. As an applied research, this study examined the opinions of 15 environmental and development experts related to the mining industry and used the fuzzy Delphi technique to reach a consensus on the identified components.

To achieve this goal, a carefully selected sample of 15 experts was chosen. These experts were drawn from diverse fields related to environmental science and development, specifically focusing on their expertise in the mining industry. Their knowledge and experience were deemed essential for accurately assessing the components that contribute to environmental literacy.

The research process began with the extraction of key components affecting environmental literacy. These components were derived from an extensive literature review and preliminary discussions with the research team. Once identified, the components were compiled into a structured questionnaire, which was subsequently distributed to the selected experts for evaluation.

The evaluation process utilized a series of questionnaires administered over multiple rounds. In the first round, experts were asked to rate the importance of each component on a predefined scale. Their feedback was analyzed to identify areas of agreement and disagreement. This iterative process continued through subsequent rounds, allowing experts to reassess their opinions based on the aggregated feedback from their peers. This method not only facilitated a deeper understanding of the components but also encouraged experts to refine their assessments and reach a more informed consensus.

One of the key advantages of the fuzzy Delphi technique is its ability to handle uncertainty and variability in expert opinions. By employing fuzzy logic, the study was able to calculate fuzzy means for each component, which provided a nuanced view of the consensus among experts. This approach allowed for the incorporation of varying degrees of agreement or disagreement, rather than forcing a binary yes/no decision. As a result, the final analysis reflects a more comprehensive and realistic representation of expert opinions regarding the components of environmental literacy.

Through this meticulous process, the study aimed to establish a robust framework that outlines the critical factors influencing environmental literacy in mining communities. The findings from this research are expected to contribute significantly to the development of targeted educational and promotional initiatives that enhance environmental awareness and foster sustainable practices in these communities.

3. Results and Discussion

The findings of this study reveal that components such as “providing rewards for participation,” “encouraging voluntary activities,” and “developing educational infrastructure” received the highest fuzzy mean scores and were

significantly endorsed by the experts. Active participation of local communities in educational and promotional processes was identified as a critical factor that can foster awareness and a culture of environmental protection. This is particularly vital in mining communities facing specific environmental challenges.

Moreover, the use of modern technologies in environmental education was recognized as a key component that can enhance access to information and educational resources. Digital tools and online platforms can effectively promote public awareness and education on environmental issues. For instance, utilizing websites and mobile applications can provide local populations with easy access to relevant information and opportunities to engage in educational programs.

The results indicate that environmental literacy significantly impacts sustainable development in mining communities. Increasing environmental literacy can promote sustainable mining practices, protect biodiversity, and reduce greenhouse gas emissions. Furthermore, the findings highlight the importance of collaboration among communities, governments, and the private sector. Given the specific environmental challenges faced by mining communities, designing and implementing effective educational and promotional programs in this area is essential.

4. Conclusion

This research serves as a valuable resource for policymakers and planners aimed at improving environmental and economic performance within the mining sector. The study underscores the necessity of utilizing modern technologies in educational programs, suggesting that educational initiatives incorporate digital tools and online platforms to enhance access to environmental information and promote public awareness in mining communities. Ultimately, this study emphasizes the need for collaboration among various stakeholders to strengthen environmental literacy and improve the quality of life in mining communities.

Keywords: Environmental literacy, Mining industry, Sustainable development, Fuzzy delphi technique.

5. References

- Agarwal, P. (2018). Ecological literacy: Educating everyone for a sustainable world. *Sustainable Development for Agriculture and Environment*, 48.
<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100554>
- Chua, R. G. (2014). Speculating on the ecological literacy of ecopoetry in a third world nation. *Speculative Materialism*.
<https://www.academia.edu/11546382>
- Ebrahimabadi, A., Poursmaeili, M., Afradi, A., Poursmaeili, E., & Nouri, S. (2018). Comparing PROMETHEE and Fuzzy TOPSIS for selecting plant species for mine reclamation. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 15(2), 141–152.
https://www.riverpublishers.com/journal_read_html_article.php?j=AJWEP/15/2/3
- Ekrami, E., Poursmaeili, M., Hashemiyoan, E. S., Noorbakhsh, N., & Mahmoudifard, M. (2022). Nanotechnology: A sustainable solution for heavy metals remediation. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 18, 100718.
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100718>
- Grineva, L., Alekseeva, M., Kazakova, L., & Zabbarova, M. (2022). Formation of ecological culture of students in distance learning conditions. *ARPHA Proceedings*, 5, 583–594.
<https://doi.org/10.3897/ap.5.e0938>
- Hilmi, M. I., Lutfiansyach, D. Y., Hufad, A., Kamil, M., & Wahyudin, U. (2021). Eco-Literacy. In *TRACED 2020* (pp. 118–121).
<https://doi.org/10.2991/assehr.k.210427.029>
- Huang, H., & Te Hsin, C. (2023). Environmental literacy education and sustainable development in schools. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 18(5).
<https://doi.org/10.18280/ijstdp.180505>
- Junior, A. B. B., Martins, F. P., Cezarino, L. O., Liboni, L. B., Tenório, J. A. S., & Espinosa, D. C. R. (2023). SDGs, urban mining, and circular economy. *The Extractive Industries and Society*, 16, 101367.
<https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101367>

- Koyama, D., & Watanabe, T. (2023). Why a dispositional view of ecological literacy is needed. *Teaching in Higher Education*, 28(5), 1108–1117.
<https://doi.org/10.1080/13562517.2022.2034334>
- Kusuma, M. P., Prabowo, J. S. H., Bandur, A., & Saroso, H. (2022). Sustainable HR management capability through sustainability literacy. *International Journal of Economics and Management Systems*, 7.
<https://www.iasos.org/iasos/home/ilmss/building-sustainable-human-resources-management-capability>
- Li, J., & Zou, X. (2024). Sustainable education and green literacy in the mining industry. *Resources Policy*, 98, 105293.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.105293>
- Moomen, A. W., Lacroix, P., Bertolotto, M., & Jensen, D. (2020). Enhancing sustainable mining: Consensual perspectives. *Resources*, 9(12), 147.
<https://doi.org/10.3390/resources9120147>
- Morkun, V. S., Semerikov, S. O., Morkun, N. V., Hryshchenko, S. M., & Kiv, A. E. (2018). Defining the structure of environmental competence of future mining engineers. *arXiv preprint*.
<https://arxiv.org/abs/1807.00805>
- Morkun, V., Semerikov, S., & Hryshchenko, S. (2014). Environmental competency of future mining engineers.
<https://www.researchgate.net/publication/281629257>
- Nouri Qarahassanlou, A., & Barabadi, A. (2023). Building ecological literacy in mining communities.
<https://www.researchgate.net/publication/375302167>
- Novzari Shokooh, Rezaiee Mahdiye. (2023). Comparative study of components of environmental literacy in selected countries: Lessons from Iran. *Iranian Quarterly Journal of Comparative Education*, 6(4), 2762–2762.
<https://doi.org/10.22034/ijce.2023.379209.1460>
- Orr, D. W. (1991). *Ecological Literacy: Education and the Transition to a Postmodern World*. SUNY Press.
<https://www.sunypress.edu/p-1102-ecological-literacy.aspx>
- Persson, K., Andr  e, M., & Caiman, C. (2022). Down-to-earth ecological literacy through fieldwork. *The Journal of Environmental Education*, 53(2), 99–116.
<https://doi.org/10.1080/00958964.2021.1961935>
- Poordadash Amir, Asghari Zamani Akbar, Teimoori Iraj. (2025). Evaluating the role of good governance in achieving sustainable development of Aras Free Zone. *Urban Space and Social Life*, 2(7), 21–39.
<https://civilica.com/doc/1940555/>
- Pouresmaieli, M., & Osanloo, M. (2019). Model to reduce risk of premature mine closure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 362, 012005.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012005>
- Pouresmaieli, M., & Osanloo, M. (2020). Sustainability of Sorkhe-dizaj iron ore mine. In *MPES 2019* (431–446).
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-33954-8_36
- Pouresmaieli, M., Ateei, M., & Taran, A. (2023). Future mining based on IoT and sustainability challenges. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 30(2), 211–228.
<https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2116590>
- Rahnama Komamardakhi Maryam, Zokaiee Mohammad Saeed, Parvin Sattar, Maarefvand Masoome. (2023). Environment and sustainable development in social work theory and practice: A systematic review. *Social Work Research Institute*, 10(37).
<https://doi.org/10.22054/rjsw.2024.76496.726>
- Saito, C. H. (2013). Environmental education and biodiversity concern. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 8(1), 12–19.
<https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.12.19>
- Sarbassova, S., Abdugalina, S., Burganova, R., Shaikheslyamova, K., Abdrasheva, B., Jamaliyeva, G., & Vlasenko, L. (2021). Formation of environmental literacy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 937, 042006.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/4/042006>
- Wiedel, J., Smith, A., & Johnson, B. (2010). Fuzzy logic and its applications. *Journal of Computational Intelligence*, 5(2), 123–135.
<https://www.researchgate.net/publication/228944123>
- Xiao, Z., Duritan, M. J. M., & Jia, R. (2024). Responsible mining and green education. *Resources Policy*, 88, 104377.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104377>

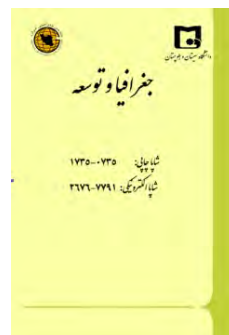


توسعه پایدار در فعالیتهای معدن: اهمیت ایجاد سواد زیست محیطی

دکتر سید کمال صادقی^۱، رنده قاسم ناجی^۲

مقاله پژوهشی

جغرافیا و توسعه، شماره ۸۳، تابستان ۱۴۰۵
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱
صفحات: ۱۹۰-۱۷۳



واژه‌های کلیدی:

سواد زیست محیطی، صنعت معدن، توسعه پایدار، تکنیک دلفی فازی.

چکیده

تجربه و قدردانی شهروندان از کیفیت زندگی در شهر در نتیجه تعامل با جسم و جان آن معرف کیفیتی ذهنی از فعالیت‌های معدنی به عنوان منابع اصلی تأمین مواد اولیه، تأثیرات قابل توجهی بر محیط زیست و جوامع محلی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به: تخریب زیستگاه‌ها، آلودگی آب و خاک و کاهش تنوع زیستی اشاره نمود. با این حال، یکی از مسائل اصلی در این زمینه، عدم آگاهی و سواد زیست محیطی در جوامع معدنی است که موجب مانع تراشی در اتخاذ تصمیمات مناسب برای مدیریت پایدار منابع طبیعی می‌شود. این مشکلات، ضرورت ایجاد سواد زیست محیطی در جوامع معدنی را به عنوان یک راهکار اساسی برای کاهش آسیب‌های زیست محیطی و ارتقاء توسعه پایدار برجسته می‌کند. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر افزایش سواد زیست محیطی در جوامع معدنی انجام شده است. این مطالعه به عنوان یک پژوهش کاربردی، به بررسی نظرات ۱۵ نفر از متخصصان محیط زیست و توسعه مرتبط با صنعت معدن پرداخته و از تکنیک «دلفی فازی» به منظور دستیابی به اجماع در زمینه مؤلفه‌های شناسایی شده استفاده کرده است. در این راستا، ابتدا مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر سواد زیست محیطی استخراج و به خبرنگاران ارسال گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مؤلفه‌هایی چون: «ارائه امتیاز در صورت مشارکت»، «تشویق به فعالیت‌های داوطلبانه» و «توسعه زیرساخت‌های آموزشی» از بالاترین میانگین فازی برخوردار بوده و به طور معناداری مورد تأیید خبرگان قرار گرفته‌اند. این پژوهش همچنین بر اهمیت مشارکت جامعه در فرآیندهای آموزشی و ترویجی تأکید دارد. مشارکت فعال جوامع محلی می‌تواند به شکل‌گیری آگاهی و فرهنگ حفاظت از محیط زیست کمک کند و به ویژه در جوامع معدنی که با چالش‌های زیست محیطی خاصی مواجه هستند، این امر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این، استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش زیست محیطی به عنوان یک مؤلفه کلیدی شناسایی شده است که می‌تواند به بهبود دسترسی به اطلاعات و منابع آموزشی کمک کند. این پژوهش به عنوان یک منبع معتبر برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در راستای بهبود عملکرد محیط زیستی و اقتصادی صنعت معدن مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند به طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی و ترویجی مؤثر در این حوزه کمک کند.

مقدمه

توسعه پایدار به عنوان یک مفهوم کلیدی در عصر حاضر، نیازمند درک عمیق از دو عنصر بنیادی توسعه و پایداری است در حالی که شاپلی^۳ به تضادهای ممکن بین این دو مفهوم اشاره می‌کند، اقتصاددانان نئوکلاسیک مانند ماتویچ^۴ و همکارانش بر این باورند که هیچ تضاد ذاتی بین پایداری و توسعه وجود ندارد (Nouri & Barabadi, 2023: 2873). ساکس^۵ نیز تأکید می‌کند که این دو مقوله به طور جدایی‌ناپذیری به هم مرتبط هستند و هیچ توسعه‌ای بدون در نظر گرفتن پایداری امکان پذیر نیست (Morkun et al, 2014: 122). به طور کلی، توسعه به تغییرات سازنده‌ای اشاره دارد که جوامع در طول زمان تجربه می‌کنند و شامل: برنامه‌ها، سیاست‌ها و فعالیت‌های سازمان‌های دولتی و غیردولتی است. شاخص توسعه انسانی (HDI)^۶ به عنوان یکی از شاخص‌های معتبر توسعه، ابعاد اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، اکولوژیکی و سیاسی را در بر می‌گیرد (Li & Zou, 2024: 206). پایداری، به معنای توانایی حفظ یک موجودیت یا فرآیند در طول زمان بدون تخلیه منابعی که به آن وابسته

۱. استاد گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول) sadeghiseyedkamal@gmail.com
۲. دانشجوی دکتری گروه اقتصاد عمومی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران alshmariranda@gmail.com

3. Shapley

4. Matvich

5. Sax

6. Human develop index

است، در تمام فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای کسب‌وکار کاربرد دارد (Moomen et al, 2020: 147). با این حال، تکیه صرف بر این مفهوم می‌تواند خطراتی به همراه داشته باشد؛ چرا که ممکن است محدودیت‌های اکولوژیکی و نیاز به سازگاری سیستم‌های فعالیت انسانی با سیستم‌های طبیعی را نادیده بگیرد. در این راستا، پایداری اکولوژیکی به عنوان یک چارچوب بنیادی برای پرداختن به ابعاد اجتماعی و اقتصادی توسعه پایدار عمل می‌کند (رهنما کماوردخی و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۱۴). سه مؤلفه اصلی توسعه پایدار شامل؛ توسعه اجتماعی-اقتصادی متناسب با محدودیت‌های اکولوژیکی، توزیع مجدد منابع برای برآورده کردن نیازهای انسانی و تضمین کیفیت زندگی و امکان استفاده طولانی مدت از منابع برای نسل‌های آینده است، در حالی که اصول بنیادی آن به برآورده کردن نیازهای انسانی، حفاظت از نسل‌های حال و آینده، بهبود کیفیت زندگی و برابری، حفظ محیط زیست و تنوع زیستی و استفاده معقول از منابع تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر اشاره دارد (Xiao et al, 2024: 96؛ Huang & Te Hsin, 2023: 1268).

در این راستا، اهمیت سواد زیست محیطی (EL) به عنوان یک عامل کلیدی در توسعه پایدار جوامع معدنی به وضوح نمایان می‌شود (Morkun et al, 2018). با توجه به این که معدن کاری می‌تواند به طور قابل توجهی بر پیشرفت به سمت اهداف توسعه پایدار، هم به طور مثبت و هم منفی، تأثیر بگذارد، لازم است که به تقویت سواد زیست محیطی در این جوامع توجه ویژه‌ای شود (نوذری و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۷۶۳).

تأثیرات مثبت معدن کاری، از جمله ایجاد شغل و رشد اقتصادی، می‌تواند به کاهش فقر و بهبود زیرساخت‌ها منجر شود (Kusuma et al, 2022: 594). به علاوه، معدن کاری می‌تواند به توسعه انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر کمک کند اما در عین حال، تأثیرات منفی آن، از جمله تخریب محیط زیست و آلودگی منابع آب، نمی‌تواند نادیده گرفته شود (Junior et al, 2023).

یافتن تعادل بین مزایا و معایب معدن کاری، به ویژه در زمینه‌های اجتماعی و زیست محیطی، ضروری است. در این راستا، نهادهای دولتی و سازمان‌های آموزشی باید نقش اساسی در آموزش و گسترش سواد زیست محیطی ایفا کنند و با همکاری با کسب‌وکارهای مرتبط با معدن، احساس مسئولیت و ارزش‌های مثبت نسبت به محیط زیست را در جوامع معدنی تقویت نمایند (پورد/د/ش و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۲).

با توجه به تأثیرات عمیق فعالیت‌های معدنی بر محیط زیست و جوامع محلی، ایجاد سواد زیست محیطی به عنوان ابزار کلیدی در مدیریت پایدار منابع طبیعی و کاهش آسیب‌های زیست محیطی در این جوامع، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سواد زیست محیطی به معنای درک و آگاهی افراد از مسائل زیست محیطی و توانایی آن‌ها در اتخاذ تصمیمات آگاهانه برای حفظ و بهبود کیفیت محیط زیست است. این مفهوم به عنوان ابزاری کلیدی در مدیریت پایدار منابع طبیعی و کاهش آسیب‌های زیست محیطی، به ویژه در جوامع محلی تحت تأثیر فعالیت‌های معدنی و صنعتی، اهمیت دارد. اصول بنیادی جامعه مدرن شامل ارزش‌هایی مانند: احترام به طبیعت، حقوق و آزادی‌های فردی و مدیریت معقول منابع طبیعی است (Persson et al, 2022: 100). آموزش سواد زیست محیطی بر نهادهای-کردن این ارزش‌ها، انتقال مهارت‌های لازم و پرورش نگرش‌های مثبت نسبت به محیط زیست تمرکز دارد (Agarwal, 2018: 48) و به افراد کمک می‌کند تا با چالش‌های زیست محیطی آشنا شوند و تصمیمات بهتری برای آینده پایدارتر اتخاذ کنند.

در این راستا، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر افزایش سواد زیست‌محیطی در بحث‌های مرتبط با معدن، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. این عوامل می‌توانند شامل: آموزش‌های رسمی و غیررسمی، مشارکت جامعه، سیاست‌گذاری‌های دولتی و نقش صنایع معدنی در ترویج آگاهی‌های زیست‌محیطی باشند. با توجه به این که جوامع معدنی به‌طور مستقیم تحت تأثیر فعالیت‌های معدنی قرار دارند، ارتقاء سواد زیست‌محیطی در این جوامع می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی، حفظ منابع طبیعی و توسعه پایدار کمک کند.

هدف این تحقیق، بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر افزایش سواد زیست‌محیطی در جوامع معدنی است تا با شناسایی نقاط قوت و ضعف موجود، راهکارهای مؤثری برای ترویج آگاهی‌های زیست‌محیطی و تحقق توسعه پایدار ارائه شود. این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای سیاست‌گذاران، مدیران و فعالان اجتماعی در جهت بهبود وضعیت زیست‌محیطی و اجتماعی جوامع معدنی مورد استفاده قرار گیرد.

مبانی نظری

در اصول بنیادی جامعه مدرن، ارزش‌های کلیدی مانند: انسانی‌بودن آموزش، اولویت‌دادن به زندگی و سلامت انسان، حقوق و آزادی‌های فردی، توسعه واقعی و آزاد افراد، آموزش احترام متقابل، سخت‌کوشی، احترام به طبیعت و محیط‌زیست و مدیریت معقول منابع طبیعی نهفته است (Persson et al, 2022: 100). این اصول بر اهمیت نهادینه کردن ارزش‌هایی تأکید می‌کنند که همزیستی هماهنگ بین فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه در صنایعی که تأثیر مستقیمی بر محیط‌زیست دارند را ترویج می‌دهند. به‌طور سنتی، آموزش سواد زیست‌محیطی بر نهادینه کردن احترام به طبیعت، انتقال‌دادن مهارت‌های لازم برای کار در شرایط طبیعی، پرورش نگرش‌های ارزشی نسبت به حیات وحش و ارائه دانش، مهارت‌ها و توانایی‌ها در زمینه اکولوژی متمرکز بوده است (Agarwal, 2018: 48). در زمینه معدن کاری که صنعتی بنیادی برای رشد اقتصادی بسیاری از کشورهاست، تأثیر بر محیط‌زیست اجتناب‌ناپذیر است. مراحل مختلف عملیات معدنی از جمله؛ اکتشاف، استخراج، بارگیری، حمل‌ونقل، بسته‌شدن و بازسازی، به‌طور ذاتی با سیستم‌های طبیعی تداخل کرده و آن‌ها را تغییر می‌دهند که منجر به آلودگی محیط‌زیست می‌شود (Ebrahimabadi et al, 2018: 143). با توجه به نقش ضروری صنعت معدن در توسعه اقتصادی، رشد صنعتی و اشتغال در بسیاری از مناطق جهان، ضروری است که شیوه‌های معدنی به تلاش‌های مسئولانه و آگاهانه از نظر زیست‌محیطی تبدیل شوند. دستیابی به معدن کاری مسئولانه، مستلزم بهره‌برداری از فناوری‌های موجود برای کاهش تأثیرات زیست‌محیطی است. یکی از راه‌های امیدوارکننده برای دستیابی به این هدف، تقویت سواد زیست‌محیطی در میان کارگران، مهندسان، کارمندان و مدیران درگیر در فرآیندهای معدنی است (Pouresmaeli et al, 2023: 212).

با توجه به موارد اشاره‌شده در بخش‌های قبلی، واضح است که آموزش مداوم همراه با بازدیدهای میدانی منظم، به‌عنوان کارآمدترین رویکرد برای انتقال سواد زیست‌محیطی ظاهر می‌شود. با هم‌راستا کردن تجربیات عملی با دانش نظری، این رویکرد به متخصصان معدن، دانش و مهارت‌های لازم برای شیوه‌های معدن کاری پایدار را ارائه می‌دهد. این ترکیب آموزش و کاربرد عملی، پل حیاتی بین مفاهیم نظری و مسئولیت زیست‌محیطی در عمل ایجاد می‌کند و به گفتمان گسترده‌تر در مورد معدن کاری مسئولانه در ادبیات موجود کمک می‌نماید.

آموزش سواد زیست‌محیطی و توسعه شخصیت، باید یکی از نگرانی‌های اصلی در سازمان‌های آموزشی و تمامی ارگان‌ها و سازمان‌های مرتبط با محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها باشد. یکی از چالش‌های عمده این آموزش، آموزش یک نسل به‌طور هدفمند است تا بتوانند تغییراتی در مناطق اطراف خود ایجاد کنند بدون این که اصول و قوانین

طبیعت را نقض نمایند. بنیادهای فرهنگ اکولوژیکی، مانند سایر فرهنگ‌ها، در طول زندگی پرورش می‌یابند. شکل‌گیری و توسعه سواد زیست‌محیطی، فرآیندی بلندمدت است و باید از زوایای مختلف مورد توجه قرار گیرد. در فرآیند آموزش، سواد زیست‌محیطی با به‌دست‌آوردن دانش خاص زیست‌محیطی و بهبود حوزه عاطفی و مهارت‌های عملی برای ایجاد تعامل مؤثر زیست‌محیطی با طبیعت و جامعه شکل می‌گیرد (Hilmi et al, 2021: 119). زوره^۱، اکولوژیست روسی، وظایف زیر را برای آموزش سواد زیست‌محیطی تعریف می‌کند (Grineva et al, 2022: 585):

آموزش: شکل‌گیری دانش درباره طبیعت، اکولوژی و روابط متقابل آن‌ها و توسعه سیستم مهارت‌ها برای ترویج اکولوژی محیط‌زیست.

آموزش: آموزش لازم برای عمل بر اساس قوانین و هنجارهای طبیعت.

توسعه: توسعه در زمینه‌های فکری، عاطفی و ارادی، تمایل به بهبود و مشارکت در مسائل عملی برای مراقبت و حفظ محیط‌زیست.

در زمینه آموزش سواد زیست‌محیطی، تغییر اساسی در ذهنیت مورد تأکید قرار می‌گیرد. این آموزش تحول‌آفرین، همان‌طور که سارباسوا و همکاران بیان می‌کنند، به‌دنبال تغییر پارادایمی است که طبیعت را نه تنها به‌عنوان وسیله‌ای برای تأمین نیازهای انسانی بلکه به‌عنوان یک موجودیت یکپارچه می‌بیند که در آن طبیعت و انسان همزیستی دارند (Sarbasova et al, 2021: 42).

محور اصلی آموزش زیست‌محیطی، ضرورت تداوم در تمام مراحل آموزشی شامل: مدارس، خانواده‌ها، محل‌های کار، دانشگاه‌ها و مهدکودک‌ها می‌باشد. سارباسوا و همکاران تأکید می‌کنند که تأثیر پایدار آموزش زیست‌محیطی بر شهروندان آینده و نسل جوان، نیازمند آموزش مداوم در طول سفر آموزشی آن‌ها است و صرف درک ماهیت سواد زیست‌محیطی کافی نیست؛ بلکه به شناسایی و حل چالش‌ها از طریق به‌کارگیری فناوری‌های لازم نیاز دارد (Sarbasova et al, 2021: 45).

با شناسایی انسان‌ها به‌عنوان عاملان فعال با قدرت شکل‌دهی به محیط، ضروری است که هر فرد دارای سطح معینی از سواد زیست‌محیطی باشد. این موضوع اطلاعات زیست‌محیطی را در صدر اولویت‌های کسب دانش قرار می‌دهد. اولویت‌دادن به آموزش زیست‌محیطی در مدارس و گسترش آن در تمامی بخش‌های جامعه، به‌ویژه از طریق آموزش دوران کودکی، به‌عنوان گام حیاتی توسط اور شناخته شده است (Orr, 1991).

مشاهده مستقیم و تحقیق برای دستیابی به سواد زیست‌محیطی عملی ضروری است و نیازمند بررسی اشیاء پدیده‌ها و روابط طبیعی برای ایجاد ارتباطات علت و معلولی است. کاتر-مک‌کینزی و اسمیت^۲ بر اهمیت تحقیقات منظم و مداوم در طبیعت به‌عنوان الزامات بنیادی برای دستیابی به سواد زیست‌محیطی تأکید می‌کنند. علاوه بر این، افزایش آگاهی در مورد مسئولیت‌های حفظ طبیعت نیازمند ایجاد، القا و برجسته‌سازی زیبایی محیط در ذهن مردم است. درگیر کردن افراد از طریق پرسش‌های تفکر برانگیز در زمینه‌های مختلف به‌عنوان استراتژی مؤثر برای نهادینه کردن حس مسئولیت نسبت به حفظ طبیعت شناسایی می‌شود (Morkun et al, 2014: 123).

در زمینه معدن‌کاری که در قلب طبیعت قرار دارد، بازدیدهای میدانی مداوم، به‌دلیل تأثیر مستقیم و مؤثرشان در میان کارگران معدن اهمیت یافته‌اند. با این حال، چالش‌هایی در حوزه آموزشی به‌دلیل کمبود کارشناسان واجد شرایط وجود دارد (Morkun et al, 2014: 123). ماهیت موقتی و نمادین آموزش‌های موجود، همان‌طور که چائو

1. Zorah F

2. Cutter-McKinsey and Smith

اشاره می‌کند، نیاز به یک رویکرد عملی و پایدارتر را برجسته می‌سازد (Chua, 2014: 4). حضور افراد با تجربه و دارای سواد زیست‌محیطی کافی برای انتقال مؤثر مفاهیم سواد زیست‌محیطی به کارگران معدن، به‌عنوان یک ضعف اساسی در فضای آموزشی کنونی، حیاتی است.

مسائل عمده‌ای که باید برای انتقال سواد زیست‌محیطی به کارگران معدن آموزش داده شود عبارتند از: افزایش آگاهی اکولوژیکی درباره تأثیرات مخرب معدن‌کاری بر طبیعت و ضرورت استخراج مسئولانه. انسان‌ها به‌منظور بقا و توسعه مجبور به استخراج مواد معدنی هستند. برای کاهش تأثیرات منفی معدن‌کاری، باید این کار به‌گونه‌ای انجام‌شود که کمترین آسیب زیست‌محیطی را به‌همراه داشته باشد؛ بنابراین یکی از مسئولیت‌های سواد زیست‌محیطی، افزایش آگاهی درباره آسیب‌های زیست‌محیطی و کمک به کاهش آن‌ها است. ایجاد حس مسئولیت در کارگران معدن نسبت به چالش‌های اکولوژیکی ناشی از معدن‌کاری. افزایش آگاهی درباره ضرورت به‌کارگیری مهارت‌های آموزش‌دیده‌شده در آموزش زیست‌محیطی. ارائه دیدگاه‌های مناسب به کارگران معدن درباره تأثیرات مثبت به‌کارگیری آموزش زیست‌محیطی ارائه‌شده. تأکید بر اهمیت انتقال آموزش زیست‌محیطی به اعضای خانواده و به‌طور کلی به جامعه توسط کارگران معدن. هم توسعه پایدار و هم سواد زیست‌محیطی موضوعاتی مهم و مرتبط هستند. توسعه پایدار به‌طور مستقیم با سواد زیست‌محیطی مرتبط است. اگر سواد زیست‌محیطی کارگران معدن تقویت شود، تأثیرات مستقیم آن بر شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی مشاهده خواهد شد. در شاخص اجتماعی، سواد زیست‌محیطی می‌تواند دانش شخصی کارگران معدن را ارتقا دهد و حس مسئولیت نسبت به حفظ طبیعت و محیط‌زیست را در آن‌ها افزایش دهد. علاوه بر این، از آن‌جا که آموزش‌های ارائه‌شده احتمالاً به خانواده‌ها منتقل می‌شود، یک بستر مناسب برای شکل‌گیری فرهنگی در زمینه سواد زیست‌محیطی ایجاد می‌شود (Saito, 2013: 12). همچنین، به‌کارگیری آموزش‌های ارائه‌شده می‌تواند به بهبود سلامت جامعه کمک کند. از نظر شاخص زیست‌محیطی، با ایجاد حس مسئولیت برای حفظ محیط‌زیست در افراد، سواد زیست‌محیطی می‌تواند از آسیب‌های بیشتر زیست‌محیطی ناشی از عملیات معدن‌کاری جلوگیری کرده و بقای گونه‌های گیاهی و جانوری را تقویت کند. به‌همین دلیل، به‌کارگیری سواد زیست‌محیطی در جوامع معدنی و توسعه این دانش در میان افرادی که در مجتمع‌های معدنی کار می‌کنند، به‌شدت ضروری است. پیشینه تحقیق در زمینه سواد زیست‌محیطی و تأثیر آن در ایران و جهان نشان می‌دهد که آموزش‌های مستمر و نهادینه‌سازی ارزش‌های زیست‌محیطی در میان کارگران معدن، به‌عنوان یک ضرورت اساسی برای کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و حفظ تنوع‌زیستی شناخته شده است. مطالعات مختلف بر اهمیت سواد زیست‌محیطی تأکید کرده‌اند و نشان می‌دهند که این سواد می‌تواند به تقویت حس مسئولیت در افراد و جلوگیری از تخریب‌های بیشتر ناشی از فعالیت‌های معدنی کمک کند (Ekrami et al, 2022: 15; Persson et al, 2022: 100). همچنین، تحقیقات نشان می‌دهد که نهادینه‌کردن آموزش‌های زیست‌محیطی در جوامع معدنی، با ایجاد آگاهی‌های اکولوژیکی و مسئولیت‌پذیری نسبت به محیط، می‌تواند به توسعه پایدار و بهبود سلامت جامعه منجر شود (Pouresmaieli et al, 2023: 212). از طرفی، چالش‌های موجود در حوزه آموزش، از جمله کمبود کارشناسان مجرب و رویکردهای موقتی، ضرورت طراحی برنامه‌های آموزشی جامع و پایدار را مورد تأکید قرار می‌دهد (Chua, 2014: 4; Morkun et al, 2014: 123). در نهایت،

پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که برای دستیابی به معدن‌کاری مسئولانه و پایدار، ضروری است که سواد زیست‌محیطی به‌عنوان یکی از اولویت‌های کلیدی در آموزش‌های مرتبط با صنعت معدن قرار گیرد (Saito, 2013: 12).

امروزه، سواد زیست‌محیطی به‌عنوان یکی از نیازهای حیاتی انسان برای داشتن زندگی و محیط‌زیست سالم‌تر مطرح شده است. به‌دلیل فعالیت‌های معدنی، کشورهای معدنی به‌طور مستقیم تهدیدی برای محیط‌زیست به‌وجود می‌آورند و گونه‌های گیاهی و جانوری بومی را به خطر می‌اندازند (Ekrami et al, 2022: 15). از آن‌جا که بیشتر کشورهای معدنی در مناطق کمتر توسعه‌یافته یا در حال توسعه قرار دارند، توجه کمی به سواد زیست‌محیطی در سطوح کلان و عملیاتی معطوف شده است. معمولاً آموزش‌های کوتاه‌مدت و مجزایی در این زمینه ارائه شده است. علاوه بر این، به‌دلیل اولویت‌دادن به شاخص‌های اقتصادی در این کشورها، محیط‌زیست این جوامع به‌دلیل فعالیت‌های معدنی با چالش‌های جدی مواجه شده است. در کشورهای توسعه‌یافته، سواد زیست‌محیطی به‌عنوان یک جزء کلیدی در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های آموزشی شناخته شده است. در این کشورها، تأکید بر آموزش زیست‌محیطی در مدارس و دانشگاه‌ها به‌طور سیستماتیک نهادینه شده و آموزش‌های مربوط به مسائل زیست‌محیطی از سنین پایین آغاز می‌شود. به‌علاوه، دولت‌ها و سازمان‌های غیردولتی به‌طور فعال در ترویج برنامه‌های آموزشی و آگاهی‌بخشی عمومی در زمینه حفاظت از محیط‌زیست مشارکت دارند (Pouresmaeli & Osanloo, 2019: 120; 2020: 433).

مؤثرترین تکنیک برای بهبود درک و اثربخشی واقعی سواد زیست‌محیطی، ارائه آموزش‌های مستمر و ایجاد قوانین برای به‌کارگیری دانش آموخته‌شده در محیط واقعی است (Koyama & Watanabe, 2023: 1109). با توجه به ضرورت اولویت‌بندی انتقال سواد زیست‌محیطی به جامعه، همان‌طور که به‌تفصیل در بالا بحث شد، این مطالعه به‌دنبال ارزیابی اولویت‌عوامل مؤثر بر افزایش سواد زیست‌محیطی در بحث‌های مرتبط با معدن است که با تکنیک «دلفی فازی» به بررسی این موضوع خواهد پرداخت.

داده‌ها و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌عنوان یک مطالعه کاربردی طراحی شده است و هدف آن شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر افزایش سواد زیست‌محیطی در صنعت معدن است. نتایج این تحقیق می‌تواند به توسعه اقتصادی کشور و بهبود عملکرد محیط‌زیستی در این حوزه کمک شایانی کند. جامعه آماری این مطالعه شامل متخصصان محیط‌زیست و توسعه مرتبط با صنعت معدن می‌باشد.

برای انتخاب نمونه، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شده است. در این روش، تلاش شده است تا افرادی که دارای دانش و تجربه مرتبط با موضوع پژوهش هستند، انتخاب شوند. حجم نمونه در این پژوهش ۱۵ نفر تعیین شده است که هر یک از آن‌ها دارای تخصص و سابقه کافی در زمینه‌های محیط‌زیست و توسعه پایدار در صنعت معدن هستند.

در ابتدا، عوامل مؤثر بر افزایش سواد زیست‌محیطی در صنعت معدن بر اساس پیشینه‌های موجود استخراج و شناسایی شدند. این عوامل شامل مؤلفه‌های کلیدی بودند که در پیشبرد اهداف زیست‌محیطی و توسعه پایدار نقش دارند. پس از این مرحله، برای تأیید این عوامل و دستیابی به اجماع نظر میان خبرگان، از تکنیک «دلفی فازی» بهره گرفته شد. به این منظور، مؤلفه‌های شناسایی‌شده به کارشناسان ارسال گردید و از آن‌ها خواسته شد تا نظرات خود را در مورد هر یک از مؤلفه‌ها بیان کنند. پرسش‌نامه‌ها پس از تکمیل، جمع‌آوری شده و نتایج حاصل از نظرات دور اول در

قالب پرسش‌نامه مجدداً برای آن‌ها ارسال شد. این اقدام به کارشناسان این امکان را می‌دهد که پس از بررسی نتایج مرحله ابتدایی و دریافت بازخورد، نظرات خود را مجدداً ارائه‌دهند و در صورت لزوم، نظرات خود را تعدیل کنند. پس از جمع‌آوری و تحلیل نظرات خبرگان در دور دوم، اختلاف میانگین نظرات آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله، اگر اختلاف میانگین نظرات کمتر از ۰٫۱ باشد، به این معناست که اجماع حاصل شده و مراحل دلفی فازی به اتمام رسیده است. این معیار به‌عنوان نشانگری برای تعیین توافق بین خبرگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش تحقیق به‌دلیل استفاده از تکنیک‌های علمی و تحلیلی، به‌وضوح می‌تواند به شناسایی و تحلیل موانع موجود در حوزه لجستیک معکوس و اقتصاد دایره‌ای در صنعت معدن کمک کند و به تصمیم‌گیری‌های بهینه در این زمینه منجر شود. این پژوهش به‌ویژه در شرایط کنونی که توجه به مسائل زیست‌محیطی و توسعه پایدار در صنعت معدن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، می‌تواند به‌عنوان یک منبع معتبر برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان در راستای بهبود عملکرد محیط‌زیستی و اقتصادی این صنعت مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج و بحث

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، جهت اطمینان از این‌که ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های استخراج‌شده از مبانی نظری واقعی بوده و برای رسیدن به اجماع در زمینه مؤلفه‌ها و شاخص‌های شناسایی‌شده از تکنیک «دلفی فازی» استفاده شد. در ادامه مراحل و نتایج دلفی فازی مربوط به مؤلفه‌ها ارائه شده است.

مرحله یک: تعریف متغیرهای زبانی

در زبان طبیعی و استدلال انسانی، اغلب از متغیرهایی استفاده می‌شود که مقادیر آن‌ها نادقیق و مبهم است. مثلاً برای متغیر کیفیت مقادیری مثل: کیفیت نامطلوب، کیفیت نسبتاً خوب و کیفیت عالی در نظر گرفته می‌شود. مقادیر متغیرهای زبانی، کلمات یا جملاتی هستند که در زبان طبیعی وجود دارند و به‌طور کلی با استفاده از قیدها می‌توان مقادیر آن‌ها را شکل داد. متغیر زبانی متغیری است که مقادیرش کلمات یا جملات یک زبان طبیعی و یا مصنوعی باشد. به‌طور خلاصه، منظور از واژه‌های زبانی، واژه‌هایی چون: بالا، پایین، کم، زیاد، راضی، متوسط، و... است (Vidal et al, 2010: 124). جدول (۱) اعداد فازی مثلثی متغیرهای کلامی را نشان می‌دهد.

جدول ۱: اعداد فازی مثلثی متغیرهای کلامی

متغیرهای کلامی	عدد فازی مثلثی	عدد فازی قطعی شده
خیلی زیاد	(۰، ۰/۲۵، ۱)	۰/۹۳۷۵
زیاد	(۰/۷۵، ۰/۱۵، ۰/۱۵)	۰/۷۵
متوسط	(۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۲۵)	۰/۵
کم	(۰/۲۵، ۰/۱۵، ۰/۱۵)	۰/۲۵
خیلی کم	(۰، ۰، ۰/۲۵)	۰/۰۶۲۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

در جدول شماره (۱) اعداد فازی قطعی شده با استفاده از فرمول «مینکوسکی» به‌شکل زیر محاسبه شده است: فرمول (۱): فرمول مینکوسکی:

$$x=m+\frac{\beta-\alpha}{4} \quad (1)$$

مرحله دوم: نظرسنجی مرحله نخست مربوط به مؤلفه‌ها

در این مرحله، مؤلفه‌های شناسایی شده، در قالب پرسش‌نامه به خبرگان ارسال شده و میزان موافقت آن‌ها با مؤلفه‌ها أخذ شد. با توجه به نتایج حاصل از پرسش‌نامه مرحله اول و با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳، میانگین فازی هر یک از مؤلفه‌ها به دست آمد.

$$A_i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}), i=1,2,3, \dots, n \quad (2)$$

$$A_{ave} = (m_1, m_2, m_3) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_3^{(i)} \right) \quad (3)$$

در این رابطه A_i بیانگر دیدگاه خبره i ام و A_{ave} بیانگر میانگین دیدگاه‌های خبرگان است.

جدول ۲: میانگین دیدگاه‌های خبرگان حاصل از نظرسنجی مرحله نخست مربوط به مؤلفه‌ها

مؤلفه‌ها	میانگین فازی	میانگین پس از فازی‌زدایی
۱ ارائه امتیاز در صورت مشارکت	(۰/۶، ۰/۸۵، ۰/۹۸)	۰/۸۱۱
۲ برنامه‌های تبادل تجربیات	(۰/۴۵، ۰/۷، ۰/۹۲)	۰/۶۹۸
۳ تشویق به فعالیت‌های داوطلبانه	(۰/۶۳، ۰/۸۸، ۰/۹۸)	۰/۸۳۳
۴ توسعه زیرساخت‌های آموزشی	(۰/۶۷، ۰/۹۲، ۱)	۰/۸۶۱
۵ توسعه نظام‌های ارزیابی و نظارت	(۰/۴۵، ۰/۷، ۰/۹۲)	۰/۶۸۹
۶ ترویج فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست	(۰/۰، ۵۵/۸، ۱)	۰/۷۸۳
۷ استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش زیست‌محیطی	(۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹۳)	۰/۷۲۸
۸ ایجاد شبکه‌های ارتباطی	(۰/۴۳، ۰/۶۸، ۰/۹)	۰/۶۷۲
۹ توسعه برنامه‌های آموزشی چندرسانه‌ای	(۰/۵۷، ۰/۸۲، ۰/۹۵)	۰/۷۷۸
۱۰ توسعه محتوای آموزشی بومی	(۰/۴۵، ۰/۷، ۰/۹۲)	۰/۶۸۹
۱۱ ایجاد بانک اطلاعاتی زیست‌محیطی	(۰/۵۳، ۰/۷۸، ۰/۹۲)	۰/۷۴۴
۱۲ برگزاری مسابقات و چالش‌ها	(۰/۴۸، ۰/۷۳، ۰/۹۲)	۰/۷۱۱
۱۳ توسعه منابع آموزشی آنلاین	(۰/۰، ۵۲/۸۲، ۰/۹۸)	۰/۷۸۹
۱۴ آموزش در مقاطع مختلف تحصیلی	(۰/۵۸، ۰/۸۳، ۰/۹۵)	۰/۷۸۹
۱۵ برگزاری سمینارهای تخصصی	(۰/۶۰، ۰/۸۵، ۰/۹۷)	۰/۸۰۶
۱۶ ایجاد رویدادهای زیست‌محیطی	(۰/۶۰، ۰/۸۵، ۰/۹۷)	۰/۸۱۷
۱۷ توسعه برنامه‌های آموزشی برای خانواده‌ها	(۰/۶۵، ۰/۹، ۰/۹۸)	۰/۸۴۴

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

پس از به‌دست‌آمدن مقادیر میانگین فازی‌زدایی مرحله اول، نیاز است تا پرسش‌نامه برای بار دوم در اختیار خبرگان قرارگیرد. در این مرحله، فراوانی پاسخ‌های خبرگان بر اساس شدت اهمیت هریک از عوامل بر اساس طیف لیکرت (خیلی کم تا خیلی زیاد) محاسبه می‌شود تا بدین طریق نتایج دو مرحله قبل قابل مقایسه گردد. نتایج حاصل از پاسخ‌های خبرگان در مرحله دوم در جدول ۳ قابل نمایش است.

جدول ۳: میانگین دیدگاه‌های خبرگان حاصل از نظرسنجی مرحله دوم مربوط به مؤلفه‌ها

مؤلفه‌ها	میانگین فازی	میانگین پس از فازی‌زدایی
۱ ارائه امتیاز در صورت مشارکت	(۰/۹۳، ۰/۶۸، ۱)	۰/۸۷۲
۲ برنامه‌های تبادل تجربیات	(۰/۹۸، ۰/۸۸، ۰/۶۳)	۰/۸۳۳
۳ تشویق به فعالیت‌های داوطلبانه	(۰/۹۸، ۰/۹۰، ۰/۶۵)	۰/۸۴۴
۴ توسعه زیرساخت‌های آموزشی	(۰/۹۲، ۰/۶۷، ۱)	۰/۸۶۱
۵ توسعه نظام‌های ارزیابی و نظارت	(۰/۸۷، ۰/۶۲، ۱)	۰/۸۲۸
۶ ترویج فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست	(۰/۸۳، ۰/۵۸، ۱)	۰/۸۰۶
۷ استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش زیست‌محیطی	(۰/۹۷، ۰/۸۲، ۰/۵۷)	۰/۷۸۳
۸ ایجاد شبکه‌های ارتباطی	(۰/۹، ۰/۶۵، ۱)	۰/۸۵۰
۹ توسعه برنامه‌های آموزشی چندرسانه‌ای	(۰/۹۸، ۰/۸۷، ۰/۶۲)	۰/۸۲۲
۱۰ توسعه محتوای آموزشی بومی	(۰/۹۲، ۰/۷۵، ۰/۵)	۰/۷۲۲
۱۱ ایجاد بانک اطلاعاتی زیست‌محیطی	(۰/۹۳، ۰/۸۲، ۰/۵۷)	۰/۷۷۲
۱۲ برگزاری مسابقات و چالش‌ها	(۰/۹۳، ۰/۷۷، ۰/۵۲)	۰/۷۳۹
۱۳ توسعه منابع آموزشی آنلاین	(۰/۹۸، ۰/۸۳، ۰/۵۸)	۰/۸۰۰
۱۴ آموزش در مقاطع مختلف تحصیلی	(۰/۹۵، ۰/۸۵، ۰/۶۰)	۰/۸۰۰
۱۵ برگزاری سمینارهای تخصصی	(۰/۹۷، ۰/۸۵، ۰/۶)	۰/۸۰۶
۱۶ ایجاد رویدادهای زیست‌محیطی	(۰/۹۷، ۰/۸۷، ۰/۶۲)	۰/۸۱۷
۱۷ توسعه برنامه‌های آموزشی برای خانواده‌ها	(۰/۹۸، ۰/۹، ۰/۶۵)	۰/۸۴۴

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

پس از محاسبه میانگین فازی‌زدایی شده دو مرحله، لازم است تفاوت میانگین‌ها بررسی شود. نتایج میانگین‌های فازی‌زدایی شده مرحله اول و دوم در جدول ۴ قابل نمایش است. نتایج نشان می‌دهند که در اکثر مؤلفه‌ها، اختلاف میانگین‌های فازی‌زدایی شده در دو مرحله بسیار کم و در محدوده‌ای قابل قبول قرار دارد. به عنوان مثال، مؤلفه «ارائه امتیاز در صورت مشارکت» با اختلاف ۰/۰۶۱ و «توسعه نظام‌های ارزیابی و نظارت» با اختلاف ۰/۳۲، نشان‌دهنده افزایش جزئی رضایت و تأکید بر اهمیت این مؤلفه‌ها در مرحله دوم است. همچنین، مؤلفه‌هایی مانند: «توسعه زیرساخت‌های آموزشی» و «برگزاری سمینارهای تخصصی» با اختلاف صفر، نشان‌دهنده ثبات و توافق کامل در نظر خبرگان هستند. این نتایج به وضوح نشان می‌دهند که خبرگان در مورد اهمیت مؤلفه‌های مختلف به توافق رسیده‌اند و این اجماع به منزله تأیید و تأکید بر نقش مهم این مؤلفه‌ها در افزایش سواد زیست‌محیطی در فعالیتهای معدن می‌باشد. به طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهند که نظرسنجی‌ها به خوبی توانسته‌اند نظرات خبرگان را منعکس کنند و این امر به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در زمینه محیط‌زیست و فعالیتهای صنعتی کمک می‌کند.

جدول ۴: تفاوت میانگین فازی زدایی شده مرحله اول و دوم نظرسنجی

مؤلفه‌ها	میانگین فازی زدایی شده مرحله اول	میانگین فازی شده مرحله دوم	اختلاف میانگین دو مرحله
۱. ارائه امتیاز در صورت مشارکت	۰/۸۱۱	۰/۸۷۲	۰/۰۶۱
۲. برنامه‌های تبادل تجربیات	۰/۶۸۹	۰/۷۰۰	۰/۰۲۱
۳. تشویق به فعالیت‌های داوطلبانه	۰/۸۳۳	۰/۸۴۴	۰/۰۱۱
۴. توسعه زیرساخت‌های آموزشی	۰/۸۶۱	۰/۸۶۱	۰/۰۰
۵. توسعه نظام‌های ارزیابی و نظارت	۰/۶۸۹	۰/۷۱۲	۰/۰۳۲
۶. ترویج فرهنگ حفاظت از محیط زیست	۰/۷۸۳	۰/۸۰۶	۰/۰۲۲
۷. استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش زیست محیطی	۰/۷۲۸	۰/۷۸۳	۰/۰۵۶
۸. ایجاد شبکه‌های ارتباطی	۰/۶۷۲	۰/۷۰۵	۰/۰۴۵
۹. توسعه برنامه‌های آموزشی چندرسانه‌ای	۰/۷۷۸	۰/۸۲۲	۰/۰۴۴
۱۰. توسعه محتوای آموزشی بومی	۰/۶۸۹	۰/۷۲۲	۰/۰۳۳
۱۱. ایجاد بانک اطلاعاتی زیست محیطی	۰/۷۴۴	۰/۷۷۲	۰/۰۲۸
۱۲. برگزاری مسابقات و چالش‌ها	۰/۷۱۱	۰/۷۳۹	۰/۰۲۸
۱۳. توسعه منابع آموزشی آنلاین	۰/۷۸۹	۰/۸۰۰	۰/۰۱۱
۱۴. آموزش در مقاطع مختلف تحصیلی	۰/۷۸۹	۰/۸۰۰	۰/۰۱۱
۱۵. برگزاری سمینارهای تخصصی	۰/۸۰۶	۰/۸۰۶	۰/۰۰
۱۶. ایجاد رویدادهای زیست محیطی	۰/۸۱۷	۰/۸۱۷	۰/۰۰
۱۷. توسعه برنامه‌های آموزشی برای خانواده‌ها	۰/۸۴۴	۰/۸۴۴	۰/۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

با توجه به نتایج نظرسنجی مرحله اول و انطباق آن با نتایج مرحله دوم، در صورتی که میانگین فازی زدایی شده در دو مرحله از ۰/۱ کمتر شود، فرآیند نظرسنجی به پایان می‌رسد. با توجه به این که تفاوت میانگین‌ها در همه مؤلفه‌ها کمتر از ۰/۱ می‌باشد می‌توان گفت کارشناسان در مورد عوامل مؤثر بر افزایش سواد زیست محیطی در فعالیت‌های معدن به اجماع رسیده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با استفاده از تکنیک «دلفی فازی»، اجماع قابل توجهی بین خبرگان در مورد مؤلفه‌های مؤثر بر افزایش سواد زیست محیطی در فعالیت‌های معدن حاصل شده است. در هر دو مرحله نظرسنجی، میانگین فازی مؤلفه‌ها به وضوح نشان‌دهنده همسویی نظرات خبرگان بود و اختلاف میانگین‌های فازی زدایی شده کمتر از ۰/۱ بود که به معنای توافق قوی بر سر اهمیت مؤلفه‌هایی چون: «توسعه زیرساخت‌های آموزشی» و «تشویق به فعالیت‌های داوطلبانه» است. این اجماع نه تنها اعتبار و دقت نتایج را تقویت می‌کند بلکه می‌تواند به عنوان مبنای علمی و عملی برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در زمینه‌های مرتبط با محیط زیست و صنعت معدن مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به بررسی مؤلفه‌های کلیدی برای افزایش سواد زیست‌محیطی در جوامع معدنی پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان‌دهندهٔ اجماع نظر کارشناسان در خصوص مؤلفه‌های شناسایی‌شده می‌باشد. مؤلفه‌هایی نظیر: "ارائهٔ امتیاز در صورت مشارکت"، "تشویق به فعالیت‌های داوطلبانه" و "توسعهٔ زیرساخت‌های آموزشی" با بالاترین میانگین فازی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. بررسی‌های مرحلهٔ دوم تأیید کرد که تمامی مؤلفه‌ها به‌طور معناداری مورد تأیید خبرگان قرار گرفته‌اند و تفاوت میانگین‌ها کمتر از ۰,۱ بود که نشان‌دهندهٔ اجماع نظر کارشناسان دربارهٔ تأثیر این مؤلفه‌ها بر ارتقاء سواد زیست‌محیطی است.

این پژوهش بر اهمیت مشارکت جامعه در برنامه‌های آموزشی و فعالیت‌های زیست‌محیطی تأکید دارد و نتایج نشان می‌دهند که مشارکت فعال جوامع محلی می‌تواند به شکل‌گیری آگاهی و فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست کمک کند. همچنین، استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش زیست‌محیطی به‌عنوان یک مؤلفهٔ کلیدی، شناسایی شده است که می‌تواند به بهبود دسترسی به اطلاعات و منابع آموزشی، به‌ویژه در جوامع معدنی که با چالش‌های خاصی مواجه هستند، کمک کند.

علاوه بر این، توسعهٔ زیرساخت‌های آموزشی به‌عنوان یک عامل حیاتی در ارتقاء سواد زیست‌محیطی شناسایی شده است. ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌ها می‌تواند فرآیند یادگیری را تسهیل کرده و برگزاری برنامه‌های تبادل تجربیات بین جوامع مختلف می‌تواند به یادگیری و بهبود روش‌های آموزشی، به‌ویژه در زمینه‌های خاصی مانند آموزش کودکان و دانشجویان، کمک کند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در حوزهٔ محیط‌زیست و صنعت معدن، توجه ویژه‌ای به این مؤلفه‌ها داشته باشند و برنامه‌های آموزشی و ترویجی را براساس این یافته‌ها طراحی و اجرا کنند. به‌ویژه، اولویت‌بندی آموزش زیست‌محیطی برای شرکت‌های معدنی (با وزن ۰,۹۴) و همچنین آموزش برای کودکان پیش‌دبستانی، دانشجویان دانشگاه و دانش‌آموزان (با وزن‌های ۰,۸۷، ۰,۹۳ و ۰,۸۳ به‌ترتیب) از اهمیت بالایی برخوردار است. در میان شرکت‌های معدنی، آموزش کارگران و مهندسان معدنی به‌دلیل ارتباط مستقیم آن‌ها با عملیات معدنی و محیط‌زیست در اولویت قرار دارد (با وزن ۰,۹۴ و ۰,۸۹ به‌ترتیب).

در این راستا، پیشنهادات زیر می‌تواند به بهبود سواد زیست‌محیطی در جوامع معدنی و ارتقاء کیفیت زندگی افراد در این جوامع کمک کند:

طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی جامع و مستمر در زمینهٔ مسائل زیست‌محیطی برای تمامی سطوح جامعه، تقویت و تسهیل مشارکت اجتماعی از طریق ارائهٔ مشوق‌ها و امتیازات، سرمایه‌گذاری در ایجاد و بهبود زیرساخت‌های آموزشی برای برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های عملی، سازماندهی کارگاه‌ها و نشست‌های تبادل تجربیات بین جوامع مختلف به‌منظور یادگیری از یک‌دیگر و بهبود روش‌های آموزشی و اولویت‌بندی آموزش

کارگران و مهندسان معدنی به منظور افزایش آگاهی آن‌ها از تأثیرات محیط‌زیستی و بهبود روش‌های کاری. در نهایت، تأکید بر نقش آموزش و مشارکت در این فرآیندها می‌تواند به عنوان یک راهبرد کلیدی در جهت تحقق اهداف زیست‌محیطی و توسعه پایدار در جوامع معدنی مطرح شود.

مشارکت نویسندگان

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافع ندارند. بودجه/حمایت این تحقیق هیچ کمک مالی خاصی از هیچ آژانس تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

منابع

پورداداش، امیر؛ اکبر اصغری‌زمانی؛ ایرج تیموری (۱۴۰۲). ارزیابی نقش حکمروایی خوب در تحقق توسعه پایدار منطقه آزاد ارس، فضای شهری و حیات اجتماعی. دوره ۲، شماره ۷، صفحات ۳۹-۲۱.

<https://civilica.com/doc/1940555/>

رهنماکامردخی، مریم؛ محمدسعید ذکایی؛ ستار پروین؛ معصومه معارف‌وند (۱۴۰۲). محیط زیست و توسعه پایدار در نظریه و عمل مددکاری اجتماعی: مروری سیستماتیک. پژوهشنامه مددکاری اجتماعی. دوره ۱۰، شماره ۳۷.

<https://doi.org/10.22054/rjsw.2024.76496.726>

نوذری، شکوه؛ سید محمود شبیری؛ مهدیه رضایی (۱۴۰۲). بررسی تطبیقی مولفه‌های ارتقای سواد زیست محیطی در کشورهای منتخب: درس‌هایی برای ایران. فصلنامه ایرانی آموزش و پرورش تطبیقی. دوره ۶، شماره ۴، صفحات ۲۷۸۲-۲۷۶۲.

<https://doi.org/10.22034/ijce.2023.379209.1460>

References

Agarwal, P. (2018). Ecological literacy: Educating everyone for a sustainable world. Sustainable Development for Agriculture and Environment, 48.

<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100554>

Chua, R. G. (2014). Speculating on the ecological literacy of ecopoetry in a third world nation. Speculative Materialism.

<https://www.academia.edu/11546382>

Ebrahimabadi, A., Pouresmaieli, M., Afradi, A., Pouresmaeli, E., & Nouri, S. (2018). Comparing PROMETHEE and Fuzzy TOPSIS for selecting plant species for mine reclamation. Asian Journal of Water, Environment and Pollution, 15(2), 141-152.

https://www.riverpublishers.com/journal_read_html_article.php?j=AJWEP/15/2/3

- Ekrami, E., Pouresmaeli, M., Hashemiyoan, E. S., Noorbakhsh, N., & Mahmoudifard, M. (2022). Nanotechnology: A sustainable solution for heavy metals remediation. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 18, 100718.
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100718>
- Grineva, L., Alekseeva, M., Kazakova, L., & Zabbarova, M. (2022). Formation of ecological culture of students in distance learning conditions. *ARPHA Proceedings*, 5, 583-594.
<https://doi.org/10.3897/ap.5.e0938>
- Hilmi, M. I., Lutfiansyach, D. Y., Hufad, A., Kamil, M., & Wahyudin, U. (2021). Eco-Literacy. In *TRACED 2020* (118-121).
<https://doi.org/10.2991/assehr.k.210427.029>
- Huang, H., & Te Hsin, C. (2023). Environmental literacy education and sustainable development in schools. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 18(5).
<https://doi.org/10.18280/ijstdp.180505>
- Junior, A. B. B., Martins, F. P., Cezarino, L. O., Liboni, L. B., Tenório, J. A. S., & Espinosa, D. C. R. (2023). SDGs, urban mining, and circular economy. *The Extractive Industries and Society*, 16, 101367.
<https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101367>
- Koyama, D., & Watanabe, T. (2023). Why a dispositional view of ecological literacy is needed. *Teaching in Higher Education*, 28(5), 1108-1117.
<https://doi.org/10.1080/13562517.2022.2034334>
- Kusuma, M. P., Prabowo, J. S. H., Bandur, A., & Saroso, H. (2022). Sustainable HR management capability through sustainability literacy. *International Journal of Economics and Management Systems*, 7.
<https://www.iaras.org/iaras/home/ilmss/building-sustainable-human-resources-management-capability>
- Li, J., & Zou, X. (2024). Sustainable education and green literacy in the mining industry. *Resources Policy*, 98, 105293.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.105293>
- Moomen, A. W., Lacroix, P., Bertolotto, M., & Jensen, D. (2020). Enhancing sustainable mining: Consensual perspectives. *Resources*, 9(12), 147.
<https://doi.org/10.3390/resources9120147>
- Morkun, V. S., Semerikov, S. O., Morkun, N. V., Hryshchenko, S. M., & Kiv, A. E. (2018). Defining the structure of environmental competence of future mining engineers. *arXiv preprint*.
<https://arxiv.org/abs/1807.00805>
- Morkun, V., Semerikov, S., & Hryshchenko, S. (2014). Environmental competency of future mining engineers.
<https://www.researchgate.net/publication/281629257>
- Nouri Qarahassanlou, A., & Barabadi, A. (2023). Building ecological literacy in mining communities.
<https://www.researchgate.net/publication/375302167>
- Novzari Shokooh, Rezaiee Mahdiye. (2023). Comparative study of components of environmental literacy in selected countries: Lessons from Iran. *Iranian Quarterly Journal of Comparative Education*, 6(4), 2762-2762.
<https://doi.org/10.22034/ijce.2023.379209.1460>
- Orr, D. W. (1991). *Ecological Literacy: Education and the Transition to a Postmodern World*. SUNY Press.
<https://www.sunypress.edu/p-1102-ecological-literacy.aspx>
- Persson, K., Andrée, M., & Caiman, C. (2022). Down-to-earth ecological literacy through fieldwork. *The Journal of Environmental Education*, 53(2), 99-116.
<https://doi.org/10.1080/00958964.2021.1961935>

- Poordadash Amir, Asghari Zamani Akbar, Teimoori Iraj. (2025). Evaluating the role of good governance in achieving sustainable development of Aras Free Zone. *Urban Space and Social Life*, 2(7), 21-39.
<https://civilica.com/doc/1940555/>
- Pouresmaieli, M., & Osanloo, M. (2019). Model to reduce risk of premature mine closure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 362, 012005.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012005>
- Pouresmaieli, M., & Osanloo, M. (2020). Sustainability of Sorkhe-dizaj iron ore mine. In *MPES 2019* (431-446).
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-33954-8_36
- Pouresmaieli, M., Ataei, M., & Taran, A. (2023). Future mining based on IoT and sustainability challenges. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 30(2), 211-228.
<https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2116590>
- Rahnama Komamardakhi Maryam, Zokaiee Mohammad Saeed, Parvin Sattar, Maarefvand Masoome. (2023). Environment and sustainable development in social work theory and practice: A systematic review. *Social Work Research Institute*, 10(37).
<https://doi.org/10.22054/rjsw.2024.76496.726>
- Saito, C. H. (2013). Environmental education and biodiversity concern. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 8(1), 12-19.
<https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.12.19>
- Sarbassova, S., Abdugalina, S., Burganova, R., Shaikheslyamova, K., Abdrasheva, B., Jamaliyeva, G., & Vlasenko, L. (2021). Formation of environmental literacy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 937, 042006.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/4/042006>
- Wiedel, J., Smith, A., & Johnson, B. (2010). Fuzzy logic and its applications. *Journal of Computational Intelligence*, 5(2), 123-135.
<https://www.researchgate.net/publication/228944123>
- Xiao, Z., Duritan, M. J. M., & Jia, R. (2024). Responsible mining and green education. *Resources Policy*, 88, 104377.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104377>