Iranian Journal of Mining Engineering (IJME)

Vol 18, No 61, 2023, pp 33-52
DOI: 10.22034/ijme.2023.563138.1947

Iranian Society of Mining Engineering (IRSME)

Identifying and Analyzing the Key Drivers of Mining Sector in Iran with Foresight Approach

Mohsen Keshavarz Turk[1*], Mostafa Mohammadi[2], Maysam Bashiri[3]

1. Assistant Professor, Industry Research Department, Trade Studies and Research Institute, Tehran, Iran
Mohsen.Keshvarzturk@gmail.com
2. Instructor, Department of Industry Research, Trade Studies and Research Institute, Tehran, Iran
M.mohammadi31@gmail.com
3. Instructor, Department of Industry Research, Trade Studies and Research Institute, Tehran, Iran
Maysam.bashiri@gmail.com

Recived: 2022/10/16 - Accepted: 2023/10/07

Abstract

H The key driving forces of the mining sector and how these driving forces interact play a significant role in shaping the future of this sector. In the present article, which was prepared with a foresight approach, the key drivers of Iran's mining and mineral industries were identified first. Then, their cross-impact was analyzed using Micmac software. Firstly, the available texts, including books, articles, reports, documents, and plans, are studied to identify the key driving forces. A list of key driving forces is extracted. Then, by asking experts and specialists for their opinions by using interviews and completing an open questionnaire, monitoring and integrating similar factors, and summarizing experts' opinions, so 18 key drivers were identified. After identifying the key driving forces, the matrix of cross effects was designed and provided to the experts to measure the influence of driving forces on each other and their dependence on each other. Finally, after examining the extent and how these drivers affect each other, the influential, dependent, and strategic drivers of the mining sector in Iran, which have the most interaction in the system, were identified. Based on the analysis of the research findings and the output of Micmac software, the drivers of "intelligence of mining processes," "water management in mining processes," and "increasing the impact of extreme climate changes on mining operations" were identified as strategic drivers.ere.

Keywords

Driving Force; Mining Sector; Foresight; Cross Impact Analysis.

* Corresponding Author

1- Introduction

The discovery and development of mines are slow and uncertain processes [1]. Exploration and evaluation of mineral reserves bring many challenges for mining engineers, exploration geologists, lawyers, and economists involved in discovery [2]. Also, moving from the initial discovery of a mine to the start of mining operations may take ten years or more in many cases and cost a lot [1]. Therefore, these factors add to the complexity and uncertainty of activity in this field. Since companies and organizations intend to remain competitive in a complex, uncertain, and mixed environment, understanding and predicting the future becomes vital [3].

The high potential of the mining sector in Iran has made this sector one of the priorities of economic, social, and cultural development [4]. Using the potential capacities of this sector can effectively reduce the country's dependence on oil revenues by increasing the national income, and by reducing the reliance of the country's industries on the import of raw materials, it can contribute to the self-sufficiency of the industry [4]. The trends shaping the future of the mining sector include a wide range, from the movement towards the use of new technologies to attention to social responsibility. In other words, the future of the mining sector in Iran is influenced by technological, economic, social, and environmental factors. The current research seeks to identify and analyze the key drivers in the future of Iran's mining sector. For this purpose, after identifying the key drivers, their mutual effects are studied using MicMac software.

2- Material and Methods

In the current research, environmental scanning and analysis of mutual effects have been used. In the first step, to identify the key drivers of change, environmental scanning or horizontal scanning is the art of systematically exploring and interpreting the external environment to understand better the nature of the deep drivers of change, trends, and their possible impact on the organization's future. Scanning often focuses on developments on the fringes of current thinking and planning. Still, it may be necessary for the organization to identify new developments and insights related to an organization's ongoing challenges [5]. Using the environmental scanning method, this research seeks to answer the central question: what are the key drivers related to mining and mining industries? To answer this question, 18 key drivers were first identified by reviewing the available domestic and international articles, theses, and reports, and then the mutual effects analysis method was used to identify the impact of these drivers. Interaction analysis is a method for identifying mutual relationships. Mutual relations are analyzed instead of cause-effect relations. Using this method, the role of a driver with regard to other drivers is determined so that the drivers with a more significant role in future development are identified. For this purpose, 18 key drivers were provided to the experts in the form of an 18 x 18 matrix, and their opinion on the effect of each driver on other drivers was taken. In this matrix, row variables are influential, and column variables are influential [6].

The statistical population consisted of experts and specialists in the mining and mineral industries who were academic experts in addition to having practical experience. In total, 15 experts selected using purposeful sampling were asked to express their expert opinions about this relationship between variables.

3- Finding and Argument

Drivers or driving forces are the factors that push the changes forward [7]. To identify the key drivers of mining and mineral industries, based on existing studies, reviewing texts such as books, articles, reports, documents, and plans, a list of key drivers of extraction and using interviews and open questionnaires from experts and specialists and after monitoring, combining similar factors and summarizing expert opinions, 18 key drivers were identified. These 18 key drivers are:

intelligentization of mining processes, application of blockchain technology in mining, social responsibility, exploration of minerals in the deep sea and in space, development of risk management in mining activities, development of technology management and innovation in mining and mining industries, circular economy (recycling) in mining and mining industries, increasing social participation and promoting the benefit of the general society from mining activities, moving towards the management of effects during the life cycle of the mine (environmental management), more water management in mining processes, development of mine waste management, diversity of the workforce working in mines, the changing landscape to mine closure and post-mining realities, the integration of mining operations, the agility of mining supply chains, the increasing extraction of reserves underground, the growing impact of extreme climate change on mining operations, and the movement of mining business models towards Digital and based on sustainable development.

As part of the output of the analysis of the cross effects of key drivers, MicMac software provides graphs. These graphs help managers, decision-makers, and researchers by showing direct and indirect relationships between variables and giving a general picture of the structure of the subject and the systems under study. The output graphs of the software include the graph of direct effects between variables, the graph of indirect effects between variables, the graph of potential direct effects between variables, and the graph of potential indirect effects between variables. After evaluating the impact of the system variables on each other, their place in the influence map is determined. Variables are classified according to their position in the diagram with different titles. These variables differ from each other according to their role in the dynamics of the system. Meanwhile, strategic variables are manipulable and controllable variables that affect the dynamics and change of the system. According to the analysis, the effectiveness and influence of the variable increase by moving from the end part of the third region to the end part of the first region of the coordinate axis [8]. Based on the analysis of the 18 investigated drivers, three drivers of intelligentization of mining processes, more water management in mining processes, and increasing the impact of severe climate changes on mining operations are identified as strategic drivers.

4- Conclusions

In the current research, to analyze and identify the key drivers of the state of mines and mineral industries in Iran, a list of factors shaping the future in this field was first extracted. After monitoring, integration, and expert summaries, the following 18 key drivers were identified using interviews and open questionnaires. Then, using the method of mutual effects analysis and MicMac software, the effect of the fuels was checked. Based on the study of the research findings and the output of MicMac software, the drivers of "intelligence of mining processes," "more water management in mining processes," and "increasing the effect of extreme weather changes on mining operations" were identified as strategic drivers.

The drivers shaping the future of mining and mining industries in Iran show that the risk profile of mining will be very variable and dynamic as mechanization in the mining industry is increasingly increasing. Also, leaders and key decision-makers in mines and mining industries must ensure that management systems are prepared to transition from human-driven mining to emerging technologies. Rising societal and workforce expectations put new risks in front of management. Identifying and assessing the risks and opportunities presented is critical to ensure that the necessary management systems are in place to address them. Emphasis should be placed on all aspects of system design to support introducing new technology. Employees' skill and training needs for managing mining systems in the future and their exploitation should be evaluated, and the existence of coordination between people, technology (equipment), materials, and the environment should be ensured.

The availability of minerals and demand for mineral products determine the broad business model for mining. The continuation of the operation depends on the extraction method and the commodity's price (market demand). The increasing scarcity of resources in the future will lead to the extraction of mines in more distant areas, the depths of the earth, seas, or other planets. The increasing complexity of technology in the complex mining environment will challenge some mining operations. More advanced equipment that operates semi-autonomously will be deployed in mines. Support services will be needed to ensure the availability of equipment, which in turn affects environmental management systems issues such as leadership, staffing, and equipment selection and training. In general, preparation for the future mining and mineral industries in Iran requires special attention to the increased needs and challenges in safety, technology, management systems, environmental requirements, social expectations, legal requirements, political requirements, skills requirements, and production costs, reducing resources in the availability, price, and demand of mineral products are variable. Also, health and safety in mines will continue as a non-negotiable value in the future.

References

1. Marjoribanks, R., Geological methods in mineral exploration and mining. 2010: Springer Science & Business Media.
2. Weszkalnys, G., Geology, potentiality, speculation: on the indeterminacy of first oil. Cultural Anthropology, 2015. 30(4): p. 611-639.
3. Peirong, P. and O. Al-Tabbaa, The effect of the Chinese government policies on outward foreign direct investment by domestic enterprises: A policy analysis. Strategic Change, 2021. 30(6): p. 561-572.
4. Behboodi, the effects of the development of the mining sector and mining industries on the income of households and the government in Iran. Economic Modeling Scientific Quarterly, 2019. 13(45): p. 115-136.
5. Conway, M. and T. Futures, Strategic Thinking: What it is and How to Do it. 2009, Australia.
6. Godet, M., P. Durance, and A. Gerber, Strategic foresight la prospective. Cahiers du LIPSOR, Paris, 2008.
7. Kuosa, T., Practising Strategic Foresight in Government: The Cases of Finland, Singapore and the European. 2010: S. Rajaratnam School of International Studies, Nanyang Technological University.
8. Taha, R., Structural analysis method, a tool for identifying and analyzing the variables affecting the future of urban issues, the first national future research conference. 1391.

نشریه مهندسی معدن ایران
Iranian Journal of Mining Engineering (IJME)

دوره ۱۸، شماره ۶۱، زمستان ۱۴۰۲، صفحه ۳۳ تا ۵۲
Vol 18, No 61, 2023, pp 33-52

DOI: 10.22034/ijme.2023.563138.1947

انجمن مهندسی معدن ایران
Iranian Society of Mining Engineering (IRSME)

مقاله پژوهشی

شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی بخش معدن ایران با رویکرد آینده‌نگاری*

محسن کشاورزترک[۱†]، مصطفی محمدی[۲]، میثم بشیری[۲]

۱. استادیار، گروه پژوهشهای صنعت، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، تهران، ایران
۲. مربی، گروه پژوهشهای صنعت، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۵

چکیده

نیروهای پیشران کلیدی حوزه معدن و صنایع معدنی و نحوه برهم‌کنش این نیروها نقش به سزایی در شکل دادن آینده این حوزه دارند. در مقاله حاضر که با رویکرد آینده‌نگاری تدوین شده است، ابتدا پیشران‌های کلیدی حوزه معدن و صنایع معدنی ایران شناسایی و سپس اثرات متقاطع آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک تحلیل‌شده است. برای شناسایی نیروهای پیشران کلیدی ابتدا متون موجود شامل کتاب‌ها، مقالات، گزارش‌ها، اسناد و طرح‌ها مطالعه و فهرستی از پیشران‌های کلیدی استخراج و سپس با نظرخواهی از خبرگان و متخصصان با استفاده از مصاحبه و تکمیل پرسشنامه باز، پایش و ادغام عوامل مشابه و جمع‌بندی نظرات کارشناسانه تعداد ۱۸ پیشران کلیدی شناسایی شد. پس از شناسایی نیروهای پیشران کلیدی، برای سنجش میزان تاثیرگذاری پیشران‌ها بر هم و تاثیرپذیری آن‌ها از یکدیگر ماتریس تاثیرات متقاطع طراحی شد و در اختیار خبرگان مورد نظر قرار گرفت. در نهایت پس از بررسی میزان و چگونگی تاثیر این پیشران‌ها بر یکدیگر، پیشران‌های تاثیرگذار، تاثیرپذیر و راهبردی معدن و صنایع معدنی در ایران که بیشترین تعامل را در سیستم دارند، شناسایی شدند. بر اساس تحلیل یافته‌های پژوهش و خروجی نرم‌افزار میک‌مک پیشران‌های «هوشمندسازی فرآیندهای معدنکاری»، «مدیریت بیشتر آب در فرآیندهای معدنکاری» و «افزایش تاثیر تغییرات شدید آب و هوایی بر عملیات معدنی» به‌عنوان پیشران‌های راهبردی شناسایی شدند..

کلمات کلیدی

پیشران، بخش معدن، آینده‌نگاری، تحلیل اثرات متقابل.

* این مقاله، مستخرج از بخشی از طرح پژوهشی «شناسایی طرح‌های اولویت‌دار صنعتی، معدنی و تجاری استانی- شهرستانی مبتنی بر ملاحظات آمایش سرزمین» است که توسط نویسندگان مقاله در موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی تدوین شده است.

† نویسنده مسئول مکاتبات.

۱- مقدمه

کشف و توسعه معادن فرآیندی کند و دارای عدم قطعیت است [۱]. کاوش و ارزیابی ذخایر معدنی چالش‌های فراوانی را برای مهندسان معدن، زمین‌شناسان اکتشافی، حقوقدانان و اقتصاددانان دخیل در کشف، به همراه دارد [۲]. همچنین حرکت از کشف اولیه یک معدن تا آغاز عملیات معدنکاری ممکن است در بسیاری موارد ده سال یا بیشتر طول بکشد و هزینه‌های زیادی دارد [۱]. از این‌رو این عوامل بر پیچیدگی و عدم قطعیت فعالیت در این حوزه می‌افزاید. در این شرایط از آنجا که شرکت‌ها و سازمان‌ها قصد دارند در یک محیط پیچیده، نامطمئن و مختلط رقابتی باقی بمانند، توانایی درک و پیش‌بینی آینده حیاتی می‌شود [۳].

در ادبیات رشته آینده‌پژوهی، مفهوم آینده‌نگاری به‌عنوان فرآیندی که درک آینده را ممکن می‌سازد، معرفی‌شده است. آینده‌نگاری علاوه بر پیش‌بینی شامل طراحی می‌شود و به این پرسش پاسخ می‌دهد که برای دستیابی به آینده مطلوب امروز چه‌کاری می‌توان انجام داد. اساس این مفهوم درک این واقعیت است که آینده متغیر است و جهت‌گیری آن به تلاش‌های انجام‌شده بستگی دارد. تلاش برای شناسایی پیشران‌ها و روندهای آینده که دغدغه اغلب کسب‌وکارها، دولت‌ها و مراکز تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری راهبردی است، موضوع کانونی روش آینده‌نگاری پیشران‌ها و روندهای کلان، و گستره تاثیرات این روندها غالبا مسایل و موضوعات مشترکی را در زندگی بشر در بر می‌گیرند [۴].

پتانسیل‌های بالای بخش معدن در ایران موجب شده است که این بخش جزو اولویت‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی قرار گیرد [۵]. به‌کارگیری ظرفیت‌های بالقوه این بخش می‌تواند با افزایش درآمد ملی در کاهش وابستگی کشور به درآمدهای نفتی موثر باشد و با کاهش وابستگی صنایع کشور به واردات مواد اولیه، به خودکفایی صنعت کمک کند [۵]. روندهای شکل‌دهنده آینده بخش معدن طیف گسترده‌ای از حرکت به سمت به‌کارگیری فناوری‌های نوین تا توجه به مسوولیت اجتماعی را در برمی‌گیرد؛ به عبارتی آینده بخش معدن در ایران تحت تأثیر عوامل فناورانه، اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی قرار دارد.

پژوهش حاضر به دنبال شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی در آینده بخش معدن ایران است. برای این کار پس از شناسایی پیشران‌های کلیدی، اثرات متقابل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک تحلیل می‌شود

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- آینده‌نگاری

مطالعات اولیه آینده‌پژوهی اغلب جنبه اکتشافی داشت و بر «پیش‌بینی روندها» متمرکز بود، اما با تکامل روش‌های آینده‌پژوهی و تمایل به «تحقق آینده مطلوب» با لحاظ کردن «آینده‌های چندگانه» موردتوجه قرار گرفت. بنابراین، در طول زمان چارچوب حاکم بر آینده‌پژوهی از پیش‌بینی به سمت آینده‌نگاری[1] حرکت کرده است و در سال‌های اخیر تمایل به آینده‌نگاری در نزد سازمان‌ها به‌طور چشم‌گیری افزایش‌یافته است [۶]. شرکت‌ها در جستجوی جهت‌گیری راهبردی در محیط‌هایی با تغییرات سریع‌اند و بسیاری از آن‌ها احساس می‌کنند برای پیروزی در رقابت نوآوری و حفظ رقابت‌پذیری‌شان، به حمایت بیشتر از بینش‌های آینده[2] نیاز دارند [۷]. آینده‌نگاری «عنصر غیرقابل منازعه» در موفقیت تجاری‌سازی و مهم‌ترین عامل موفقیت برنامه‌ریزی استراتژیک و فرآیند تصمیم‌گیری در همه زمان‌ها است [۸، ۹].

آینده‌نگاری یک توانایی است که همه عناصر ساختاری یا فرهنگی را شامل می‌شود و شرکت را قادر می‌کند زودتر به تغییر غیرمداوم دست‌یابد، پیامدهای شرکت را تفسیر کند و واکنش‌های موثر برای تضمین بقای بلندمدت و موفقیت شرکت را شکل دهد [۷]. آینده‌نگاری فرآیندی برای درک کامل‌تر نیروهای شکل‌دهنده آینده بلندمدت است که می‌توان از آن در صورت‌بندی سیاست، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری استفاده کرد. آینده‌نگاری شامل ابزار کیفی و کمّی و پایش نشانه‌ها و نشانگرهای تحولات و روندهای رو به تکامل است که اگر با تحلیل پیامدهای سیاستی ارتباط مستقیم داشته باشد، در بهترین حالت قرار می‌گیرد و از سایر گزینه‌ها سودمندتر است. آینده‌نگاری سازمان‌ها را برای رفع نیازها و استفاده از فرصت‌های آینده آماده می‌کند [۱۰]. در یک تعریف کلی، می‌توان گفت آینده‌نگاری قابلیتی است که می‌تواند با شناسایی و پیش‌نگری[3] روندها، پیشران‌ها و رویدادها، فرصت‌ها و تهدیدات پیشِ روی بنگاه را مشخص کند [۱۱]. در حوزه

1- Foresight
2- Future Insights
3- Anticipate

کسب‌وکار مفهوم آینده‌نگاری با پویش محیطی پیوند خورده است تا محیط کسب‌وکار به طور نظام‌مند برای تغییرات جدید جستجو شود [۱۲, ۱۳].

۲-۲- تحلیل اثرات متقابل

تحلیل‌های متقاطع روش‌هایی‌اند که در یک سیستم به روشن کردن چگونگی اثرگذاری روندها و عملکردهای متفاوت بر یکدیگر و روابط بین متغیرها کمک می‌کنند [۱۴]. طی سی سال اخیر ماتریس‌های تاثیر به یکی از رایج‌ترین ابزار آینده‌پژوهی تبدیل‌شده‌اند. ماتریس‌های تاثیر با هدف بررسی سیستم‌ها و پویایی آن‌ها را می‌توان به سه دسته تحلیل ساختاری، استراتژی‌های بازیگران و ماتریس احتمالی تاثیر متقاطع تقسیم کرد [۱۵]. توردور گوردن[1] رویکردی رایانه‌ای را برای تحلیل تاثیر متقاطع مطرح کرد. در این روش، رویدادها بر روی یک ماتریس متعامد ثبت می‌شود و در هر تقاطع ماتریسی این پرسش مطرح می‌شود که اگر رویدادهای موجود در یک ردیف به صورت همزمان رخ دهند، چگونه بر احتمال وقوع رویدادهای دیگر در یک ستون تاثیر می‌گذارند [۱۶]. در تغییرات و پویایی جهان، شناسایی روندها و عوامل موثر بر آینده سازمان‌ها را می‌توان با ابزارهایی مانند نرم‌افزار میک‌مک[2] برای انجام محاسبات پیچیده ماتریس متقاطع طراحی‌شده است، تحلیل کرد [۱۷]. میک‌مک اصطلاحی فرانسوی و مخفف ماتریس ضرایب اثر متقابل باهدف طبقه‌بندی است [۱۵]. این ماتریس‌ها برای استخراج نظر خبرگان درباره اثر احتمال وقوع یک حالت از یک توصیف‌گر بر روی حالتی از توصیف‌گر دیگر در قالب عبارت‌های کلامی مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نهایت با محاسبه اثرات مستقیم و غیرمستقیم حالت‌ها بر روی یکدیگر، سناریوهای سازگار پیش روی سیستم مورد مطالعه استخراج می‌شود [۱۸].

۲-۳- پژوهش‌های داخلی

تاکید بر آینده‌نگاری و به‌طور عام آینده معدن و صنایع معدنی در پژوهش‌های داخلی معدود است که به سه مورد از آن‌ها اشاره می‌شود:

افشارپور (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «آینده‌پژوهی تامین مالی طرح زیرساختی حمل‌ونقل ریلی (معدن گل گهر)» به فرآیند انتخاب سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل و تلفیق آن‌ها با یکدیگر با کمک روش‌های اقتصادسنجی و مدل داده‌های تابلویی پرداخته‌است. بر اساس نتایج این پژوهش متغیرهای ارزش‌افزوده بخش معدن، تناژ بار حمل شده جاده‌ای، هزینه حمل بار با قطار و درآمد ناشی از حمل بار، مهم‌ترین متغیرهای معنادار و تاثیرگذار بر تقاضای حمل‌ونقل ریلی مواد معدنی گل گهر است. متغیرهای مورد بررسی علاوه بر تقاضای حمل‌ونقل ریلی، بر درآمد تولیدکنندگان، صنعت‌گران، راه‌آهن و در نهایت قیمت مصرف نیز تاثیر چشمگیری دارند [۱۹].

قدیمی و کاکگار (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان «آینده‌پژوهی ابزار هوشمندانه یک مدیر خلاق در پروژه‌های معدنی» به بررسی مدیران خلاقی پرداخته‌اند که با داشتن دانش مهندسی از نیروی ذاتی و تخیل خلاق خود برای بالفعل کردن امکانات بالقوه استفاده می‌کنند، در این پژوهش بر داشتن ذهن خلاق و آینده‌پژوه به عنوان یکی از ارکان اصلی برنامه‌ریزی راهبردی تاکید شده است. با توجه به اینکه تمام دانش بشر درباره گذشته ولی تصمیم‌های او معطوف به آینده است. بنابراین آینده‌پژوهی را می‌توان ابزاری برای تصمیمات هوشمندانه یک مدیر خلاق در پروژه‌های مختلف از جمله پروژه‌های معدنی دانست [۲۰].

سلیمانی خلجی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان «آینده‌پژوهی توسعه خودروهای برقی و آثار آن بر صنایع معدنی»، به چشم‌انداز خودروهای برقی در جهان پرداخته‌اند که ورود حدود ۳۴۰ میلیون خودروی برقی به بازار تا سال ۲۰۳۰، باعث فعال شدن صنایع بالادست برای تامین نیازهای تولید این خودروها می‌شود و پیامد آن ایجاد بازارهای مستعد برای تولید محصولات ارزشمند و با ارزش افزوده بالای مواد معدنی مرتبط با باتری‌ها و بدنه خودروهای برقی برای صنایع معدنی ایران است [۲۱].

۲-۴- پژوهش‌های خارجی

در پژوهش‌های بین‌المللی، موضوع آینده معدن و صنایع معدنی از ابعاد مختلف به ویژه توسعه پایدار و مسایل محیط‌زیستی بسیار مورد توجه قرارگرفته است که به برخی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود:

سشتاکوسکا[3] و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان

1- Theodore Gordon
2- MicMac
3- Shestakovska

«آینده‌نگاری به عنوان ابزاری برای مدیریت توسعه اقتصادی- اجتماعی مناطق معدنی»، به معرفی ابزارهای مدیریتی نوین با در نظر گرفتن ویژگی‌های عملکرد مناطق معدنی پرداخته‌اند. هدف این مقاله تبیین مفهوم استفاده از فناوری آینده‌نگاری در مدیریت توسعه اجتماعی- اقتصادی مناطق معدنی و شناسایی جهت‌های اصلی استفاده عملی از این فناوری است [۲۲].

اولوفسن[1] (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «آینده‌های متصور در اکتشاف معدنی»، به داده‌های قوم‌نگاری و آرشیوی برای تجزیه و تحلیل ایجاد و مشروعیت پیش‌بینی‌ها در اکتشاف معدنی صنعتی در سوئد پرداخته است. جستجوی ذخایر قابل بهره‌برداری مواد معدنی، فرآیندی است که در آن اکتشافات معدنی قابلیت استخراج این ذخایر را در آینده ارزیابی می‌کنند. در این مقاله با این استدلال که ایجاد آینده‌های متصور نقش مهمی در معدن و سایر پدیده‌های اجتماعی و اقتصادی ایفا می‌کنند، نشان می‌دهد که آینده‌های متصور در حوزه اکتشاف مواد معدنی چگونه و توسط چه کسانی ایجاد می‌شود و ایجاد این آینده‌ها در جهانی از باورهای بازیگران، ابزارهای ارزش‌گذاری و هنجارها و استانداردها چگونه است [۲۳].

کیوینن[2] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «آینده‌های معدنی در برنامه‌ریزی کاربری زمین: ابزارهای آینده‌نگاری و مطالعات موردی در شمال فنلاند»، با ترکیب اطلاعات زمین‌شناسی، مکان، مقیاس‌های زمانی و عدم قطعیت ابزارهای آینده‌نگاری مرتبط با مواد معدنی را در دو زمینه ابزار بالقوه معدن (برای ذخایر شناخته شده و اکتشافات هدفمند) و ابزار بالقوه ذخایر معدنی (برای اکتشافات منطقه‌ای) ارایه کرده‌اند [۲۴].

ازوبویک[3] و دیگران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «توسعه کریدور منابع معدنی در نیجریه، ملاحظات و اقدامات حیاتی برای آینده اقتصادی متنوع و پایدار»، کشف پتانسیل‌های اقتصادی دیگر، مانند توسعه کریدور منابع معدنی برای کاهش فقر و کمک به رشد و توسعه پایدار کشور نیجریه دنبال کرده‌اند. در این مقاله برای بررسی ملاحظات و اقدامات مهمی که نیجریه باید در توسعه کریدور منابع معدنی انجام دهد تا آینده اقتصادی متنوع و پایدار تضمین شود، از یک رویکرد تحقیقاتی کاربردی استفاده شده است. علاوه بر این، درس‌هایی که نیجریه می‌تواند از دو کریدور در موزامبیک بیاموزد، بررسی شده است [۲۵].

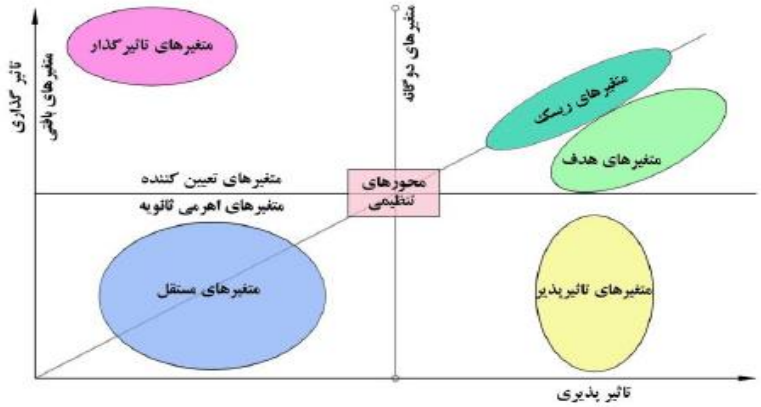
شراز[4] (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان «آینده‌نگاری به‌عنوان ابزاری برای توسعه پایدار منابع طبیعی: مورد استخراج معدنی افغانستان»، با رویکرد مطالعات آینده و روش شش ستون آینده پژوهی به آینده استخراج مواد معدنی در افغانستان پرداخته است. این مقاله با توصیه‌های سیاستی کارآمد و عادلانه و توسعه اجتماعی-اقتصادی مؤثر و همچنین رفاه با تحقق بخشیدن به پتانسیل این هدیه طبیعت به پایان می‌رسد.[۲۶]

۳- روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر، از ابزارهای پویش محیطی و تحلیل اثرات متقابل استفاده‌شده است. در گام اول برای شناسایی پیشران‌های کلیدی ایجادکننده تغییرات، از پویش محیطی یا پویش افقی هنر کاوش و تفسیر نظامند محیط خارجی برای درک بهتر ماهیت محرک‌های عمیق تغییر، روندها و تاثیر احتمالی آن‌ها در آینده سازمان است. پویش اغلب بر تحولاتی متمرکز است که در حاشیه تفکر و برنامه‌ریزی فعلی قرار دارند اما ممکن است برای سازمان مهم باشند و می‌تواند پیشرفت‌ها و بینش‌های جدید مربوط به چالش‌های مداوم یک سازمان را شناسایی کند [۲۷]. این پژوهش با استفاده از روش پویش محیطی، به دنبال پاسخگویی به این پرسش اصلی است که پیشران‌های کلیدی مرتبط با حوزه معدن و صنایع معدنی کدام‌اند. برای پاسخ به به این پرسش ابتدا با مرور مقالات، پایان‌نامه‌ها و گزارش‌های موجود داخلی و بین‌المللی ۱۸ پیشران کلیدی شناسایی و سپس برای شناسایی میزان تاثیر این پیشران‌ها از روش تحلیل اثرات متقابل استفاده شد. تحلیل اثرات متقابل روشی برای تشخیص روابط متقابل است. که در آن به جای روابط علت- معلولی روابط متقابل تحلیل می‌شود. با استفاده از این روش، نقش یک پیشران در ارتباط با سایر پیشران‌ها مشخص می‌شود تا پیشران‌هایی که نقش معنادارتری در توسعه آینده دارند، شناسایی شوند. برای این منظور ۱۸ پیشران کلیدی در قالب یک ماتریس ۱۸× ۱۸ در اختیار خبرگان قرار گرفت و نظر آن‌ها پیرامون تاثیر هر پیشران بر سایر پیشران‌ها گرفته شد. در این ماتریس متغیر سطرها تاثیرگذار و متغیر ستون‌ها تاثیرپذیرند [۲۸]. میزان ارتباط بین

1- Olofsson
2- Kivinen
3- Azubuike
4- Sheraz

متغیرها با اعداد صحیح صفر تا سه بازنمایی می‌شود که صفر به معنی بدون تاثیر بودن یک به معنی تاثیر ضعیف، دو به معنی تاثیر متوسط و سه به معنی تاثیر زیاد است، به این ترتیب، اگر تعداد متغیرهای شناسایی‌شده n باشد، یک ماتریس n×n به دست می‌آید که در آن تاثیرات متغیرها بر یکدیگر مشخص‌شده است [۲۹]. قرارگیری عوامل در بخش‌های مختلف نمودار، گویای وضعیت‌های متفاوتی است که جایگاه هر یک را در تحلیل دسته‌بندی عوامل تعیین می‌کند (شکل ۱).



شکل ۱- وضعیت قرارگیری عوامل توسعه در محور تاثیرگذاری- تاثیرپذیری [۱۶]

جامعه آماری مشتمل بر مجموعه‌ای از خبرگان و متخصصان حوزه معدن و صنایع معدنی بود که علاوه بر تجربه عملی، از نظر دانشگاهی هم صاحب‌نظر بودند. در مجموع از ۱۵ خبره که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب‌شده بودند، خواسته شد تا نظرات تخصصی خود را درباره این ارتباط بین متغیرها اعلام کنند.

۴- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

۴-۱- شناسایی پیشران‌های کلیدی موثر بر معدن و صنایع معدنی در ایران

پیشران‌ها یا نیروی محرک عواملی‌اند که تغییرات را به جلو می‌رانند [۳۰]. برای شناسایی پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی، بر اساس مطالعات موجود، مرور متون از قبیل کتاب‌ها، مقالات، گزارش‌ها، اسناد و طرح‌ها، فهرستی از پیشران‌های کلیدی استخراج و با استفاده از مصاحبه و پرسشنامه باز از خبرگان و متخصصان و پس از پایش، ادغام عوامل مشابه و جمع‌بندی نظرات کارشناسانه ۱۸ پیشران کلیدی طبق جدول ۱ شناسایی شد.

جدول ۱- پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی

ردیف	روند	تعریف	کاربرد
۱	هوشمندسازی فرآیندهای معدنکاری	استفاده از ابزارها و فرآیندهای دیجیتال برای پیوسته کردن عملیات معدن و هوشمندسازی آن [۳۱]. «ویژگی معدن آینده کارکنان کمتر و هزینه‌های کمتر برای تدارکات داخلی است» [۳۲]. حسگرهایی که به صورت راهبردی به اینترنت اتصال دارند و معادن را قادر به جمع‌آوری حجم عظیمی از داده‌های زمان واقعی می‌کنند [۳۳].	- می‌توان اصلاحات سریع را قبل از بروز مشکلات انجام داد. امکان استفاده از سیستم‌های کنترل و فرآیند دیجیتال پیشرفته، نظارت مستمر و شبیه‌سازی مجازی در کنار دیگر قابلیت‌های پیشرفته، فراهم می‌شود [۳۱]. - تحول دیجیتال به حذف خسارت‌های ناشی از محیط‌های پرخطر کمک می‌کند [۳۴]. - استخراج خودکار به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری منجر می‌شود [۳۵].

ادامه جدول ۱- پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی

ردیف	روند	تعریف	کاربرد
۲	به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین در معدن	بلاک‌چین یک فناوری دیجیتالی است که فهرستی پیوسته از سوابق تراکنش‌ها مرسوم به بلوک‌ها را ایجاد و نگهداری می‌کند [۳۶].	بلاک‌چین وقتی با حسگرهای IIoT ترکیب شود می‌تواند به صورت فیزیکی یک سنگ معدن یا فلز را ردیابی کند. بلاک‌چین به‌طور بالقوه می‌تواند به تنظیم‌کنندگان و مصرف‌کنندگان اطمینان دهد که شرکت‌های معدنی با رعایت قوانین و مقررات مسوولانه عمل می‌کنند. استفاده‌های انقلابی‌تر از بلاک‌چین می‌تواند شناسایی و تجارت مواد معدنی، حتی مواد استخراج نشده را شامل شود [۳۷].
۳	مسوولیت اجتماعی	تغییر به سمت مسوولیت اجتماعی شرکت، زمینه را برای محبوبیت فزآینده مفاهیمی مانند «معادن سبز[1]» و «معدن بدون زباله[2]» فراهم می‌کند [۳۸]. شرکت‌های معدنی باید از کربن‌زایی پیشگیری و به تعهدات اصلی خود عمل کنند [۳۹].	هدف «معادن سبز» کاهش اثرات محیط‌زیستی استخراج و فرآوری مواد معدنی و فلزات با تمرکز بر فناوری‌های جدید، عملیات و فرآیندهای استخراج هوشمندتر و بهترین شیوه‌های پایداری است [۴۰]. حادثه‌های گسترده رخداده در سطح معدن باعث مخدوش شدن چهره جهانی معدن شده است و لازم است تا اعتماد جهانی معدن از طریق رسانه‌های اجتماعی ترمیم شود [۴۱]
۴	اکتشاف مواد معدنی در اعماق دریا و در فضا	در اعماق دریاها موادی حاوی فلزات بسیار ارزشمند مانند نیکل، کبالت، مس و منیزیم، آهن، نقره، طلا و فلزات خاکی کمیاب مانند کبالت، وانادیوم، مولیبدن، پلاتین و تلوریم وجود دارد که می‌توان این مواد را استخراج کرد [۴۲]. برخی از کارشناسان معتقدند که استخراج در سیاره‌های دیگر ممکن است تا سال ۲۰۲۵ به واقعیت تبدیل شود [۳۱]	- سرمایه‌گذاری عظیم در تجهیزاتی به طور خاص برای آب‌ها - حق استخراج از اقیانوس برای کشورها و نهادهای مختلف[۴۲]. تخمین زده می‌شود که سیاره مریخ سرشار از سنگ معدن و سایر مواد معدنی ارزشمند باشد [۳۱].
۵	توسعه مدیریت ریسک در فعالیت‌های معدنی	از روش‌های ارزیابی ریسک و شیوه‌های مدیریت آن به طور گسترده در برخی از صنایع معدنی در سراسر جهان، عمدتا برای مسایل ایمنی استفاده می‌شود. روش‌های ارزیابی ریسک را می‌توان با هر شکلی از مدیریت معدن یا سیستم عملیاتی آن اعمال کرد و اشکال مختلفی از ابزارهای ارزیابی ریسک (از کیفی تا نیمه‌کمی) مانند تجزیه و تحلیل، ارزیابی و کنترل ریسک محل کار[3]، تجزیه و تحلیل درخت خطا، تجزیه و تحلیل پاپیون[4] وجود دارد[۴۳].	- HSEC (بهداشت، ایمنی، محیط و جامعه) شرکت‌ها را تشویق می‌کند تا از رعایت مقررات صرفا برای شناخت مزایای اجتماعی و اقتصادی چنین رویکردی فراتر روند [۴۴]. - رویکرد CORESafety-USA بر پیشگیری از حوادث قبل از وقوع تمرکز دارد و هدف آن دستیابی به تلفات صفر و کاهش ۵۰ درصدی صدمات مربوط به معدن است [۴۵]

1- green mines
2- zero-waste mining
3 -Workplace Risk Assessment And Control
4- Bow-Tie

ادامه جدول ۱- پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی

ردیف	روند	تعریف	کاربرد
۶	توسعه مدیریت فناوری و نوآوری در معدن و صنایع معدنی	فناوری معدن شامل ماشین‌آلات و تجهیزاتی است که معمولا با استخراج معادن مرتبط است. پروژه‌های فناوری پیشرفته عموما سرمایه برند و مزایای آن‌ها نامشخص است و ممکن است در آینده نزدیک محقق نشود [۴۶].	افزایش بهره‌وری، بهبود ایمنی، ارتقای مجوز اجتماعی برای فعالیت، کاهش هزینه و ریسک، بهبود ارزش فروش و درآمد، افزودن دارایی‌های با ارزش بیشتر و پشتیبانی از کارآیی خدمات از جمله دستاوردهای نوآوری در معدن و صنایع معدنی است [۴۷].
۷	اقتصاد چرخشی (بازیافتی)[1] در معدن و صنایع معدنی	اقتصاد چرخشی، فرآورده‌های معدنی را به ترکیب بازیافت با تولید فلزات معمولی سوق می‌دهد. استفاده از منابع انرژی جایگزین و تجدیدپذیر نیز در آینده کاربرد زیادی برای فرآوری مواد معدنی خواهد داشت. برخی از ماشین‌آلات متداول فرآوری مواد معدنی بسیار ناکارآمدند. با حذف این ماشین‌ها از طرح‌های مدار کارخانه فرآوری، کارایی عملیاتی بهبود می‌یابد. استفاده از ابزار دقیق و کنترل فرآیند برای بهبود عملیات کارخانه فرآوری مواد معدنی اهمیت کلیدی دارد [۴۸]	افزایش سطح بازیافت فلزات همراه با فرآوری مواد خام یا در مراکز بازیافت مستقل و استخراج فلزات از زباله‌های صنعتی یا شهری و ترکیب بازیافت با تولید فلزات معمولی از جمله موارد مربوط به توجه به اقتصاد چرخشی در معادن است. رها کردن زباله‌ها در زیرزمین یکی از اهداف اصلی معدن نامریی آینده[2] است. استفاده از تکنیک‌های مرتب‌سازی مبتنی بر حسگر[3] برای دفع زباله در زیرزمین قابلیت بالایی دارد [۴۹].
۸	افزایش مشارکت اجتماعی و ارتقای بهره‌مندی عموم جامعه از فعالیت‌های معدنی	مشارکت اجتماعی فرآیند رسیدگی به مسائلی است که درنتیجه توسعه منابع معدنی بر رفاه اجتماع تأثیر می‌گذارد. مشارکت اجتماعی یکی از جنبه‌های اساسی عملکرد اجتماعی است [۵۰]	صنعت باید بداند که برقراری و توسعه روابط مؤثر و هزینه‌های مرتبط با آن، سرمایه‌گذاری برای آینده است و نه صرفاً یک ردیف هزینه [۵۱].
۹	حرکت به سمت مدیریت اثرات در طول چرخه حیات معدن (مدیریت محیطی)	تجزیه‌وتحلیل دقیق شاخص‌های تأثیرات محیط‌زیستی و استراتژی‌هایی برای به حداقل رساندن یا کاهش کلی آن‌ها، یک جنبه کلیدی از حفظ یکپارچگی بیوفیزیکی و کاهش اثرات منفی بر رفاه اجتماعی است. برنامه‌ریزی مدیریت محیط‌زیستی در آینده، یکپارچگی سیستم‌های اقتصادی، اکولوژیکی و اجتماعی را در معدن افزایش می‌دهد [۵۲]	مسائل محیط‌زیستی بخشی اساسی از چرخه برنامه‌ریزی و همچنین انطباق آشکار با قوانین، مقررات و استانداردهای تجویزشده است، و با اولویت دادن به نیازهای جوامع آسیب‌دیده به همراه است [۵۳] مدیریت اثرات در طول چرخه حیات معدن در خط مقدم قرار دارد و ارتباط کامل، به‌موقع و مناسب در اولویت آن است [۵۴]
۱۰	مدیریت بیشتر آب در فرایندهای معدنکاری	آب گران‌بهاترین نهاده در هر عملیات معدنی است و ارزش آن باید حفظ شود [۵۵]. برآوردها نشان می‌دهند که نیمی از سرمایه‌گذاری زیرساخت‌های	برنامه‌ریزی جامع مدیریت آب شامل ارتقای نظارت مسئولانه بر منابع آب با ارائه آموزش، مشوق‌ها و همکاری با ذینفعان است [۵۷].

1- Circular Economy
2- Invisible Mine
3-Sensor-Based Sorting Techniques

ادامه جدول ۱- پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی

ردیف	روند	تعریف	کاربرد
		معدنی در دهه آینده در مناطق کم‌آب خواهد بود که ۱۰ تا ۱۵ درصد از هزینه‌های سرمایه‌ای را مصرف می‌کنند. مدیریت آب معدن در آینده، مدیریت مبتنی بر ریسک است [۵۶]	
۱۱	توسعه مدیریت پسماند معدن	مواد زاید اغلب به وسیله شرکت‌های عامل به عنوان محصولات بالقوه اقتصادی شناخته نمی‌شوند [۵۸]. تولید ضایعات معدنی هزینه است. مدیریت پسماندهای معدن برای انتقال به آینده و ارزش‌گذاری مجدد مواد فرعی موجود در باطله‌ها که به‌طور سنتی از تولید فلزات و مواد معدنی دور ریخته می‌شوند، ضروری است [۵۹].	یافتن و توسعه فرصت‌ها و استفاده‌های جدید از این مواد پسماند معدن ارزش‌آفرین است [۵۹] زهکشی اسیدی معدن[1]: از طریق شناسایی اولیه و برنامه‌ریزی فضایی، می‌توان خطر تولید آب‌اسیدی را به طور موثر مدیریت کرد و خطر تخلیه به محیط دریافت‌کننده را کنترل کرد. تحقیقات بیشتری درباره روش‌های کارآمدتر برای تمیز کردن آب‌های تخلیه جامدات محلول، pH، مواد مغذی، فلزات محلول و سایر یون‌ها ضروری است [۶۰].
۱۲	تنوع نیروی کار در معادن	در طول زمان صنعت و معدن تحت سلطه مردان بوده است و اثرات این عدم تعادل جنسیتی همچنان باقی است [۶۱].	حل عوامل سیستمی موثر بر نابرابری جنسیتی امکان توسعه پایدار را در صنعت معدنکاری فراهم می‌کند. کاهش نابرابری جنسیتی به معنای نبود شکاف حقوقی جنسیتی، برابری در پست‌های اجرایی (مربوط به صلاحیت‌ها و تخصص‌ها)، ارتقای امنیت اجتماعی و مراقبت برای ایجاد محیط‌های کاری منعطف‌تر است [۶۲].
۱۳	تغییر چشم‌انداز نسبت به بسته‌شدن معدن و واقعیت‌های پس از معدن	تعطیلی عملیات معدنی که امری اجتناب‌ناپذیر است با تغییراتی در بافت اجتماعی و عملکرد جوامع آسیب‌دیده، چشم‌انداز بیوفیزیکی و رونق اقتصادی همراه است [۶۳]. رویه‌های تعطیلی معدن در آینده از ویژگی‌ها و اصول رفتار مبتنی بر مسوولیت اجتماعی تبعیت می‌کند. گذار به این چشم‌انداز آینده مستلزم حفظ اصول و روحیه تعامل اجتماعی و ایجاد ذهنیت انعطاف‌پذیر است، ذهنیتی که تغییر را می‌پذیرد و برای هموار کردن دست‌اندازها به روشی منطقی همدلانه تلاش می‌کند [۶۴].	- رویکرد متعادل برای برنامه‌ریزی تولید موجب انعطاف‌پذیری در عیار و تناژ، به حداقل رسیدن آسیب به زمین و بازسازی تدریجی برای حداقل کردن منابع مالی بازسازی سایت می‌شود و با نوسانات و تغییرات احتمالی سازگار است [۶۵]. - در طرح‌های بستن معدن در رویکرد معدنکاری پایدار، کاربری‌های زمین پس از معدن و ایجاد فرصت‌های جدید برای ذینفعان در نظر گرفته می‌شود [۶۶].
۱۴	یکپارچه‌سازی عملیات معدن	کووید ۱۹ باعث ایجاد یک تغییر شگرف در تعداد سازمان‌ها و نحوه نظارت آن‌ها بر روی عملیات‌ها شده است. درحالی که به نظر می‌رسد دنیا در حال خروج آرام از بحران کرونا است، معدن‌کاران	استخراج‌کنندگان باید داده‌های خود را آماده و در زنجیره ارزش ادغام کنند. باید با پیکربندی مجدد فرآیندها و محل کار، یک فرهنگ رهبری و تیمی مناسب ایجاد شود.

1- Acid mine drainage (AMD)

ادامه جدول ۱- پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی

ردیف	روند	تعریف	کاربرد
		پیشرو می‌توانند به جای برگشت به سیستم‌های گذشته انگیزه خود را برای حرکت به سمت پیشرفت و فناوری ادامه دهند [۶۷].	
۱۵	چابک‌سازی زنجیره‌های تامین در معدن	شرکت‌های معدنی برای پیشینه کردن سطح بهره‌وری خود به ضرورت ایجاد یک زنجیره تامین بزرگ و پیوسته پی برده‌اند. [۶۸]	کم‌کردن ریسک در زنجیره تامین و ایجاد یک سیستم انبارداری موفق می‌تواند موجب تحولی بزرگ در آینده صنعت معدن شود و افزایش بهره‌وری عملیات را تضمین کند [۶۹]
۱۶	افزایش استخراج ذخایر به صورت زیرزمینی	شاخص‌ها و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که ذخایر قابل‌برداشت معادن سطحی دیر یا زود به انتها می‌رسد و با توجه به نیاز روزافزون به مواد معدنی باید استخراج ذخایر عمیق‌تر به صورت زیرزمینی توسعه یابد [۷۰].	معادن زیرزمینی باید برای آماده‌سازی و نصب استحکامات، سیستم‌های انفجاری، بارگیری و حمل مواد به خارج از معدن به پیشرفته‌ترین ماشین‌آلات کنترل از راه دور تجهیز شوند تا با به حداقل رسیدن نیاز به نیروی انسانی، بازدهی عملیات بیشینه شود [۷۱].
۱۷	افزایش تاثیر تغییرات شدید آب و هوایی بر عملیات معدنی	تحلیل‌گران شرکت وود مک‌کنزی[1] پیش‌بینی کردند تغییرات آب و هوایی و پدیده گرم‌شدن زمین تاثیر زیادی در فعالیت‌های معادن خواهد داشت [۷۲].	در حال حاضر ۳۰ تا ۵۰ درصد مناطق استخراجی مس، طلا، سنگ‌آهن و روی با کمبود شدید آب مواجه‌اند یا تحت تاثیر سیل قرار دارند [۷۳].
۱۸	حرکت مدل‌های کسب و کارهای معدنی به سمت مدل‌های دیجیتالی و بر مبنای توسعه پایدار	مدل‌های کسب و کارهای معدنی در آینده به سمت مدل‌های دیجیتالی و بر مبنای توسعه پایدار پیش خواهند رفت. معدنکاری پایدار بر بازسازی معدن، مدیریت آب و انرژی، ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست مبتنی خواهد بود [۷۴].	در سال ۲۰۵۰ معادن به طور کامل اتوماتیک شده و انسان‌ها فقط صاحب معدن خواهند بود و مدیریت معادن به وسیله هوش‌مصنوعی، اینترنت، اشیا و رباتیک، مدیریت انجام خواهد شد [۷۵].

جدول ۲- مشخصات کلی ماتریس تحلیل اثر متقابل (یافته‌های پژوهش-خروجی نرم‌افزار میک‌مک)

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	تعداد p	تعداد ۱	تعداد ۲	تعداد ۳	تعداد صفر	جمع کل	درجه پرشدگی ماتریس
ارزش‌گذاری	۱۸	۳	۰	۹۵	۵۴	۲۳	۱۵۲	۱۷۲	۹۲٫۲۸ درصد

۴-۲- تحلیل مشخصات ماتریس

ماتریس تحلیل اثرات متقاطع ۱۸×۱۸ بر اساس پیشران‌های کلیدی شناسایی‌شده در جدول شماره ۱ تهیه شد و در معرض نظرسنجی خبرگان قرار گرفت و پس از ورود روابط سنجش شده به نرم‌افزار میک‌مک، اثرات متقاطع در ماتریس پیشران‌های کلیدی، با دو بار چرخش داده‌ای به پایایی قابل‌اعتمادی رسیدند (جدول ۲). درجه پرشدگی ماتریس ۹۲٫۲۸ درصد است که ضریب بالایی به‌حساب می‌آید و حاکی از روایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن است.

۴-۳- رتبه‌بندی اولیه متغیرها بر اساس میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری

در ماتریس اثرات متقابل مجموع مقادیر سطری هر عامل نشان‌دهنده مقدار تاثیرگذاری آن بر پیشران‌های دیگر و مجموع مقادیر ستونی هر عامل نشان‌دهنده مقدار تاثیرپذیری آن از پیشران‌های دیگر است. پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی بر اساس مقدار تاثیرپذیری و تاثیرگذاری آن‌ها در جدول ۳ ارایه شده است.

1- Wood Mackenzie

جدول ۳- میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری پیشران‌ها

کد	پیشران	میزان تاثیرگذاری	میزان تاثیرپذیری
C_1	هوشمندسازی فرآیندهای معدنکاری	۲۸	۲۵
C_2	به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین در معدن	۸	۶
C_3	مسوولیت اجتماعی	۵	۱۷
C_4	اکتشاف مواد معدنی در اعماق دریا و در فضا	۱۶	۶
C_5	توسعه مدیریت ریسک در فعالیت‌های معدنی	۱۴	۲۳
C_6	توسعه مدیریت فناوری و نوآوری در معدن و صنایع معدنی	۱۷	۱۷
C_7	اقتصاد چرخشی (بازیافتی) در معدن و صنایع معدنی	۱۲	۱۷
C_8	افزایش مشارکت اجتماعی و ارتقای بهره‌مندی عموم جامعه از فعالیت‌های معدنی	۱۵	۹
C_9	حرکت به سمت مدیریت اثرات در طول چرخه حیات معدن (مدیریت محیطی)	۱۶	۱۶
C_{10}	مدیریت بیشتر آب در فرآیندهای معدنکاری	۲۴	۲۵
C_{11}	توسعه مدیریت پسماند معدن	۱۴	۱۷
C_{12}	نوع نیروی کار در معادن	۱۱	۷
C_{13}	تغییر چشم‌انداز به بسته‌شدن معدن و واقعیت‌های پس از معدن	۱۳	۹
C_{14}	یکپارچه‌سازی عملیات معدن	۱۱	۱۲
C_{15}	چابک‌سازی زنجیره‌های تامین در معدن	۱۵	۱۳
C_{16}	افزایش استخراج ذخایر به صورت زیرزمینی	۱۳	۱۳
C_{17}	افزایش تاثیر تغییرات شدید آب و هوایی بر عملیات معدنی	۲۲	۲۴
C_{18}	حرکت مدل‌های کسب‌وکارهای معدنی به سمت مدل‌های دیجیتالی و بر مبنای توسعه پایدار	۱۸	۱۶
		۲۷۲	۲۷۲

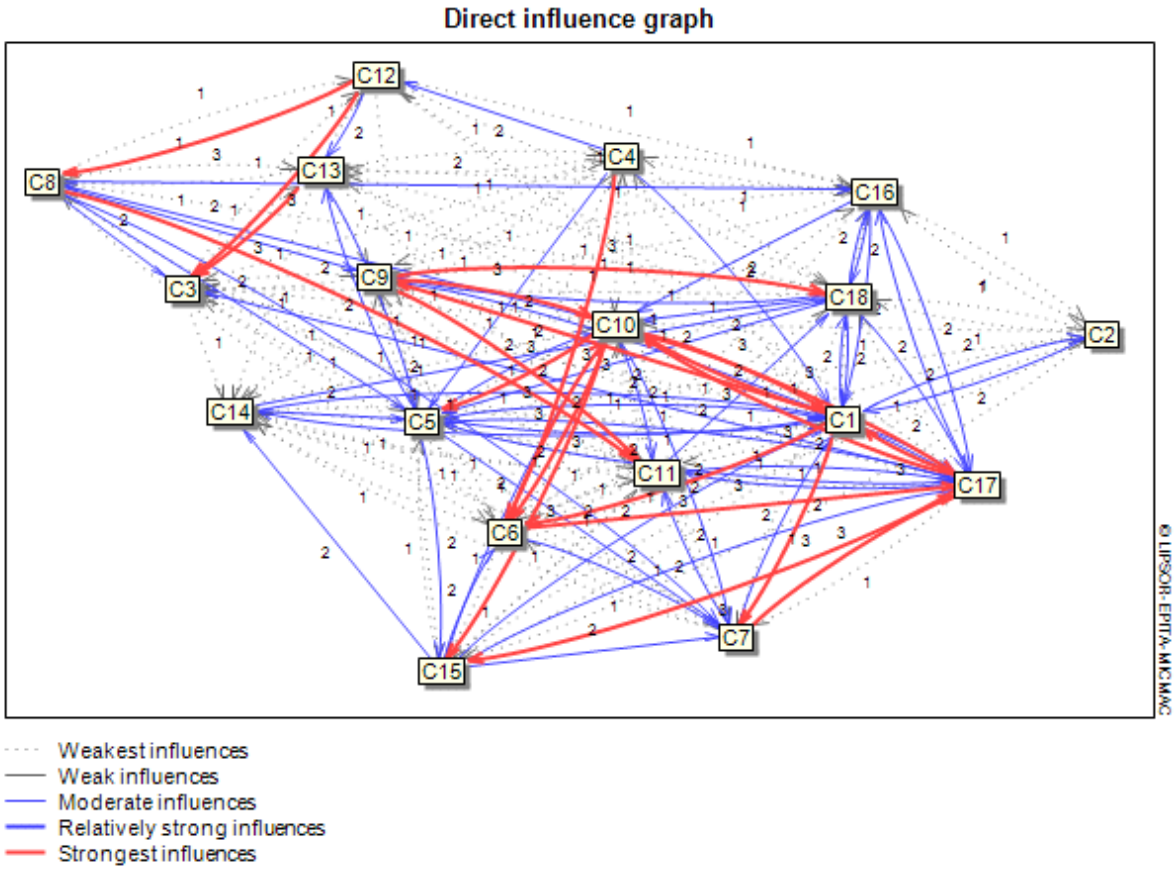
۴-۴- بررسی روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها

به عنوان بخشی از خروجی تحلیل اثرات متقاطع پیشران‌های کلیدی، نرم‌افزار میک‌مک نمودارهایی را ارایه می‌دهد. این نمودارها با نشان دادن روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها به مدیران، تصمیم‌گیران و پژوهشگران کمک می‌کنند و تصویری کلی از ساختار کنش‌گری موضوع و سیستم‌های موردمطالعه به دست می‌دهند. نمودارهای خروجی نرم‌افزار، نمودار اثرات مستقیم بین متغیرها، نمودار اثرات غیرمستقیم بین متغیرها، نمودار اثرات بالقوه مستقیم بین متغیرها و نمودار اثرات بالقوه غیرمستقیم بین متغیرها را شامل می‌شود. شکل ۲ نمودار اثرات مستقیم بین متغیرها را نشان می‌دهد. روابط اثرات مستقیم بین پیشرانه از تاثیر بسیار ضعیف تا بسیار قوی در شکل ۳ نشان داده‌شده است.

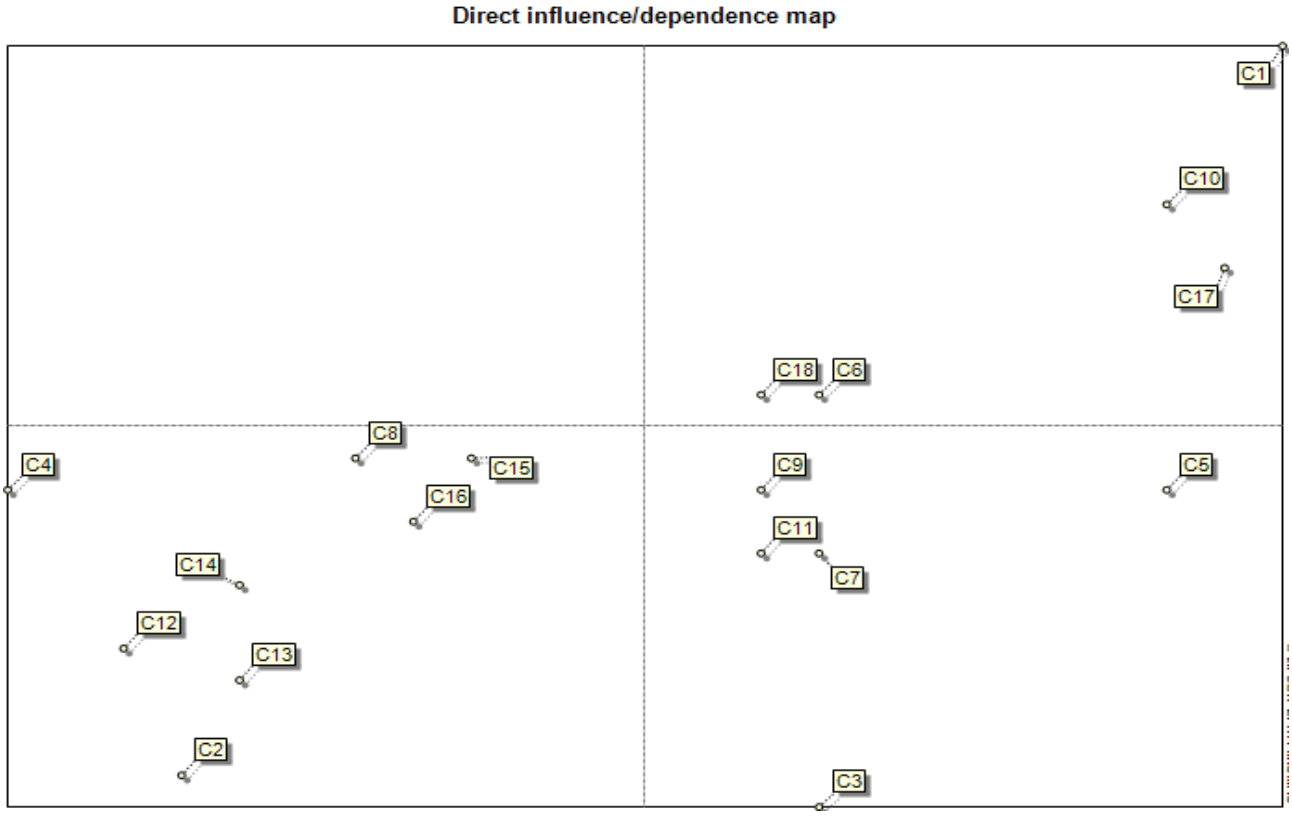
۴-۵- بررسی نقشه اثرگذاری و اثرپذیری متغیرها بر اساس روابط مستقیم (MDI[1])

بعد از ارزیابی اثرات متغیرهای سیستم بر یکدیگر، جایگاه آن‌ها در نقشه تاثیرگذاری و تاثیرپذیری مشخص می‌شود. متغیرها بر اساس موقعیتشان در نمودار با عناوین مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. این متغیرها با توجه به نقش خود در پویایی سیستم تفاوت‌هایی با همدیگر دارند. در جدول ۴، موقعیت هر یک از پیشران‌های کلیدی در نمودار تاثیرپذیری-تاثیرگذاری (شکل ۳)، معرفی‌شده است.

1- Matrix of Direct Influences



شکل ۲- نمودار اثرات مستقیم بین متغیرها (خروجی نرم‌افزار میک‌مک)



شکل ۳- نمودار تاثیرپذیری- تاثیرگذاری پیشران‌های کلیدی

جدول ۴- طبقه‌بندی هر یک از پیشران‌های کلیدی در نمودار تاثیرپذیری- تاثیرگذاری

ردیف	طبقه‌بندی	پیشران‌های کلیدی
۱	پیشران‌های مستقل	به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین در معدن
		تنوع نیروی کار در معادن
		تغییر چشم‌انداز به بسته‌شدن معدن و واقعیت‌های پس از معدن
		یکپارچه‌سازی عملیات معدن
۲	پیشران‌های تاثیرپذیر	مسوولیت اجتماعی
		توسعه مدیریت ریسک در فعالیت‌های معدنی
		اقتصاد چرخشی (بازیافتی) در معدن و صنایع معدنی
۳	پیشران‌های هدف	توسعه مدیریت فناوری و نوآوری در معدن و صنایع معدنی
		حرکت مدل‌های کسب‌وکارهای معدنی به سمت مدل‌های دیجیتالی و بر مبنای توسعه پایدار
۴	پیشران‌های تنظیمی	حرکت به سمت مدیریت اثرات در طول چرخه حیات معدن (مدیریت محیطی)
		توسعه مدیریت پسماند معدن
		چابک‌سازی زنجیره‌های تامین در معدن
		افزایش استخراج ذخایر به‌صورت زیرزمینی
۵	پیشران‌های اهرمی ثانویه	اکتشاف مواد معدنی در اعماق دریا و در فضا
		افزایش مشارکت اجتماعی و ارتقای بهره‌مندی عموم جامعه از فعالیت‌های معدنی

۴-۶- شناسایی متغیرهای راهبردی

متغیرهای ناحیه اول نمودار شکل ۳ که تاثیرگذاری و تاثیرپذیری بالا دارند، متغیرهای راهبردی خوانده می‌شوند. متغیرهای راهبردی متغیرهای قابل دستکاری و کنترل‌پذیری‌اند که بر پویایی و تغییر سیستم اثر می‌گذارند. در نمودار با حرکت از بخش انتهایی ناحیه سوم به سمت بخش انتهایی ناحیه اول محور مختصات، بر تاثیرگذاری و تاثیرپذیری متغیر افزوده می‌شود [۷۶] و این موضوع نشانگر اهمیت و راهبردی بودن متغیر است. بر اساس شکل ۳ از بین ۱۸ پیشران بررسی‌شده، سه پیشران نشان داده شده در جدول ۵ به عنوان پیشران راهبردی شناسایی می‌شوند.

جدول ۵- پیشران‌های راهبردی شناسایی‌شده

ردیف	پیشران راهبردی شناسایی‌شده
۱	هوشمندسازی فرآیندهای معدنکاری
۲	مدیریت بیشتر آب در فرآیندهای معدنکاری
۳	افزایش تاثیر تغییرات شدید آب و هوایی بر عملیات معدنی

۵- نتیجه‌گیری

یک شرکت معدنی را می‌توان به عنوان زنجیره‌ای از فرآیندهای متوالی، مانند کشف، توسعه، استخراج، فرآوری، حمل‌ونقل و ترانزیت مدل کرد که هرکدام از آن‌ها به وسیله تعدادی از کارکردهای پشتیبانی مانند مالی، منابع انسانی، تدارکات و نگهداری پشتیبانی می‌شوند. منابع ارزش را در شرکت‌های معدنی می‌توان در سه گروه ایجاد ارزش (پروژه‌های تولید یا افزایش کیفیت محصول)، حفاظت از ارزش (پروژه‌های افزایش ایمنی یا رفع نگرانی‌های محیط‌زیستی جامعه) و تعریف ارزش (معرفی ذخایر مواد معدنی) دسته‌بندی کرد. تجزیه و تحلیل داده‌ها باید یک یا چند مورد از این اهرم‌های ارزش را مورد هدف قرار دهند [۷۲] در پژوهش حاضر با هدف تحلیل و شناسایی کلیدی‌ترین پیشران‌ها بر وضعیت معادن و صنایع معدنی در ایران، ابتدا فهرستی از عوامل شکل‌دهنده آینده در این حوزه استخراج شد. در ادامه با استفاده از مصاحبه و پرسشنامه باز و پس از پایش و ادغام و جمع‌بندی کارشناسانه ۱۸ پیشران کلیدی شناسایی شد. سپس از روش تحلیل اثرات متقابل و نرم‌افزار میک‌مک میزان و چگونگی تاثیرگذاری

پیشران‌ها بررسی شد. بر اساس تحلیل یافته‌های پژوهش و خروجی نرم‌افزار میک‌مک پیشران‌های «هوشمندسازی فرآیندهای معدنکاری»، «مدیریت بیشتر آب در فرآیندهای معدنکاری» و «افزایش تاثیر تغییرات شدید آب و هوایی بر عملیات معدنی» به عنوان پیشران‌های راهبردی شناسایی شدند.

پیشران‌های شکل‌دهنده آینده معدن و صنایع معدنی در ایران نشان می‌دهد که مشخصات ریسک استخراج در آینده بسیار متغیر و پویا خواهد بود زیرا مکانیزاسیون و خوکارسازی در صنعت معدنکاری به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. همچنین رهبران و تصمیم‌گیران اصلی معادن و صنایع معدنی باید اطمینان حاصل کنند که سیستم‌های مدیریتی آمادگی انتقال از کار معدنی توسط انسان به استفاده از فناوری‌های نوظهور را کسب کرده‌اند. افزایش انتظارات جامعه و نیروی کار ریسک‌های جدیدی را فرا روی مدیریت قرار می‌دهد. شناسایی و ارزیابی بعدی ریسک‌ها و فرصت‌های ارایه‌شده برای اطمینان از ایجاد سیستم‌های مدیریتی لازم برای رسیدگی به آن‌ها، اهمیت حیاتی دارد. برای پشتیبانی از معرفی فناوری جدید باید بر تمام جنبه‌های طراحی سیستم تاکید شود و نیازهای مهارتی و آموزشی کارکنان برای مدیریت سیستم‌های معدن در آینده و بهره‌برداری از آن‌ها ارزیابی و از وجود هماهنگی بین افراد، فناوری (تجهیزات)، مواد و محیط اطمینان حاصل شود.

در دسترس بودن مواد معدنی و وجود تقاضا برای محصولات معدنی، تعیین‌کننده مدل کسب‌وکار گسترده برای استخراج معدن است. تداوم عملیات به روش استخراج و قیمت کالا (تقاضای بازار) بستگی دارد. کمیابی فزاینده منابع در آینده، به استخراج معادن در مناطق دورتر، اعماق زمین، دریاها و یا سیارات دیگر منجر خواهد شد. افزایش پیچیدگی فناوری در محیط پیچیده معدن، در برخی از عملیات معدنی چالش‌هایی را به همراه دارد. تجهیزات پیشرفته‌تری که به‌صورت نیمه‌مستقل عمل می‌کنند، در معادن مستقر خواهند شد. برای اطمینان از در دسترس بودن تجهیزات خدمات پشتیبانی مورد نیاز است که به نوبه خود بر مسایل سیستم‌های مدیریت سازگار با محیط‌زیست مانند رهبری، استخدام و به‌کارگیری کارکنان و انتخاب تجهیزات و آموزش تاثیر می‌گذارد. به طور کلی، آمادگی برای معدن و صنایع معدنی آینده در ایران مستلزم توجه ویژه به نیازها و چالش‌های افزایش‌یافته در ایمنی، فناوری، سیستم‌های مدیریت، الزامات محیط‌زیستی، انتظارات اجتماعی، الزامات قانونی، الزامات سیاسی، الزامات مهارت‌ها و هزینه‌های تولید، کاهش منابع در دسترس و قیمت و تقاضای متغیر محصولات معدنی است. همچنین سلامت و ایمنی در معادن در آینده به‌عنوان یک ارزش غیرقابل‌مذاکره ادامه خواهد داشت.

منابع

1. Marjoribanks, R., *Geological methods in mineral exploration and mining*. 2010: Springer Science & Business Media.
2. Weszkalnys, G., *Geology, potentiality, speculation: on the indeterminacy of first oil.* Cultural Anthropology, 2015. 30(4): p. 611-639.
3. Peirong, P. and O. Al-Tabbaa, *The effect of the Chinese government policies on outward foreign direct investment by domestic enterprises: A policy analysis.* Strategic Change, 2021. 30(6): p. 561-572.

۴. زاده، ب.و.ن.، *مروری بر الگوهای شناسایی، ارزیابی و انتخاب فناوری در سازمان با تاکید بر فناوری‌های نوظهور و بنیان‌کن* ۱۳۹۷: انتشارات موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی.

۵. بهبودی، *اثرات توسعه بخش معدن و صنایع معدنی بر درآمد خانوارها و دولت در ایران.* فصلنامه علمی مدل‌سازی اقتصادی، ۲۰۱۹. ۱۳(۴۵): ص. ۱۳۶-۱۱۵.

6. Krystek, R., *Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu: Koncepcja Zintegrowanego Systemu Bezpieczeństwa Transportu w Polsce. Tom III*. 2010: WKŁ.
7. Rohrbeck, R. and H.G. Gemünden, *Corporate foresight: Its three roles in enhancing the innovation capacity of a firm.* Technological forecasting and social change, 2011. 78(2): p. 231-243.
8. Whitehead, A.N., *Adventures of ideas*. 1967: Simon and Schuster.
9. Courtney, J.F., *Decision making and knowledge management in inquiring organizations: toward a new decision-making paradigm for DSS.* Decision support systems, 2001. 31(1): p. 17-38.
10. Georghiou, L., *The handbook of technology foresight: concepts and practice*. 2008: Edward

Elgar Publishing.

11. McCardle, K., *Looking Forward.* EDUCAUSE QUARTERLY.(۳)۲۸ .۲۰۰۵ ,

12. Müller, A.W., *Strategic Foresight: Prozesse strategischer Trend-und Zukunftsforschung in Unternehmen*. 2008, Verlag nicht ermittelbar.

13. Nick, A., *Wirksamkeit strategischer Frühaufklärung: eine empirische Untersuchung*. 2008: Springer-Verlag.

۱۴. بابانژاد، *رهگیری نیروهای پیشران موثر بر آینده سازمان گمرک تا افق ۱۴۱۰*. مدیریت کسب‌وکار، ۲۰۲۰. ۱۲(۴۸): ص. ۳۸۷-۳۶۵.

15. Weimer-Jehle, W., *Cross-impact balances: A system-theoretical approach to cross-impact analysis.* Technological Forecasting and Social Change, 2006. 73(4): p. 334-361.

16. Turoff, M. and V.A. Bañuls. *Major extensions to Cross-Impact Analysis*. in *ISCRAM*. 2011.

۱۷. زالی، اشرفی، *بررسی اثر جهانی‌شدن بر توسعه‌ی شهری*. مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، ۲۰۱۳. ۴ (۱۱): ص ۱۶-۱.

۱۸. دمنه، ط.، کاظمی، ح. دارانی، *سه داستان باورپذیر از آینده شهر اصفهان آینده‌نگاری شهری با رویکرد سناریونگاری*. برنامه‌ریزی فضایی، ۲۰۲۰. ۱۰(۳): ص. ۲۲-۱.

۱۹. افشارپور، مهلا، *آینده پژوهی تامین مالی طرح زیرساختی حمل و نقل ریلی (معدن گل گهر)*. توسعه و سرمایه، ۲۰۲۱. ۶ (۱): ص ۱۰۲-۸۱.

۲۰. کاکگار، ق.و.، *آینده پژوهی ابزار هوشمندانه یک مدیرخلاق در پروژه‌های معدنی، نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری* ۱۳۹۹.

۲۱. همکاران، س.خ.و.، آینده‌پژوهی توسعه خودروهای برقی و آثار آن بر صنایع معدنی. مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۸.

22. Shestakovska, T., et al. *Foresight as a Tool for Managing the Socio-Economic Development of Mining Regions*. in *E3S Web of Conferences*. 2021. EDP Sciences.

23. Olofsson, T., *Mining Futures: Predictions and Uncertainty in Swedish Mineral Exploration*. 2020.

24. Kivinen, M., P. Eilu, and M. Markovaara-Koivisto, *Mineral futures in land-use planning: Foresight tools and case studies in Northern Finland.* Resources Policy, 2021. 70: p. 101917.

25. Azubuike, S.I., S. Nakanwagi, and J. Pinto, *Mining Resource Corridor development in Nigeria: critical considerations and actions for a diversified and sustainable economic future.* Mineral Economics, 2022: p. 1-17.

26. Sheraz, U., *Foresight as a tool for sustainable development in natural resources: The case of mineral extraction in Afghanistan.* Resources Policy, 2014. 39: p. 92-100.

27. Conway, M. and T. Futures, *Strategic Thinking: What it is and How to Do it*. 2009, Australia.

28. Godet, M., P. Durance, and A. Gerber, *Strategic foresight la prospective.* Cahiers du LIPSOR, Paris, 2008.

29. Asan, S.S. and U. Asan, *Qualitative cross-impact analysis with time consideration.* Technological forecasting and social change, 2007. 74(5): p. 627-644.

30. Kuosa, T., *Practising Strategic Foresight in Government: The Cases of Finland, Singapore and the European*. 2010: S. Rajaratnam School of International Studies, Nanyang Technological University.

31. komatsu, *The future of mining: Four trends for tomorrow's success*. 2019.

32. Cosbey, A., Mann, H., Maennling, N., Toledano, P., Geipel, J., & Brauch, M. D., *Mining a mirage: Reassessing the shared-value paradigm in light of the technological advances in the mining sector*. 2016: International Institute for Sustainable Development.

33. Aziz, A., O. Schelén ,and U. Bodin, *A study on industrial IoT for the mining industry: Synthesized architecture and open research directions.* IoT, 2020. 1(2): p. 529-550.

34. Öko-Institut, *Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability*. 2019.

35. Moore, K.R., Whyte, N., Roberts, D., Allwood, J., Leal-Ayala, D. R., Bertrand, G., & Bloodworth, A. J., *The re-direction of small deposit mining:*

p. 14.

48. Giurco, D., et al., *Circular economy: questions for responsible minerals, additive manufacturing and recycling of metals.* Resources, 2014. 3(2): p. 432-453.

49. Robben, C., & Wotruba, H., *Sensor-based ore sorting technology in mining—past, present and future.* . Minerals, 2019. 9(9): p. 523.

50. Mancini, L., & Sala ,S., *Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks.* Resources Policy, 2018. 57: p. 98-111.

51. Mckinsey, *Organizing for the future: Nine keys to becoming a future-ready company.* 2021.

52. Leiva González, J & ,Onederra, I., *Environmental Management Strategies in the Copper Mining Industry in Chile to Address Water and Energy Challenges.* . Mining, 2022. 2(2): p. 197-232.

53. OECD, *ASSURING ENVIRONMENTAL COMPLIANCE: A toolkit for building better environmental inspectorates in Eastern Europe, Caucasus, and Central Asia.* 2004.

54. Wcpa, I., *Guidelines for recognising and reporting other effective area-based conservation measures.* IUCN, Gland, Switzerland, 2019.

55. Schoderer, M., Dell'Angelo, J., & Huitema, D., *Water policy and mining: Mainstreaming in international guidelines and certification schemes.* Environmental Science & Policy, 2020(111): p. 42-54.

56. Kunz, N.C., *Towards a broadened view of water security in mining regions.* Water Security, 2020. 11: p.۱۰۰۰۷۹ .

57. Northey, S.A., Mudd, G. M., Werner, T. T., Haque, N., & Yellishetty, M., *Sustainable water management and improved corporate reporting in mining.* Water Resources and Industry, 2019. 21: p. 100-104.

58. Lim, B., & Alorro, R. D., *Technospheric Mining of Mine Wastes: A Review of Applications and Challenges.* Sustainable Chemistry, 2021. 2(4): p. 686-706.

59. Tayebi-Khorami, M., Edraki, M., Corder, G., & Golev, A., *Re-thinking mining waste through an integrative approach led by circular economy Technological solutions for raw materials supply security in a whole systems context.* . Resources, Conservation & Recycling, 2020. X(7): p. 100040.

36. Zhao, S., Li, S., & Yao, Y., *Blockchain enabled industrial Internet of Things technology.* IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2019. 6(6): p. 1442-1453.

37. Calvão, F. and M. Archer, *Digital extraction: Blockchain traceability in mineral supply chains.* Political Geography, 2021. 87: p. 102381.

38. Ma, Y., Hou, G., Yin, Q., Xin, B., & Pan, Y., *The sources of green management innovation: does internal efficiency demand pull or external knowledge supply push?.* Journal of Cleaner Production, 2018. 202: p. 582-590.

39. Igogo, T., et al., *Integrating renewable energy into mining operations: Opportunities, challenges, and enabling approaches.* Applied Energy, 2021. 300: p. 117375.

40. Yuan, J., Ding, Z., Bi, Y., Li, J., Wen, S., & Bai, S., *Resource Utilization of Acid Mine Drainage (AMD): A Review.* . Water, 2022. 14(15): p. 2385.

41. Dashwood, H.S., *The rise of global corporate social responsibility: Mining and the spread of global norms*. 2012: Cambridge University Press.

42. Sharma, R., *Deep-sea mining: Economic, technical, technological, and environmental considerations for sustainable development.* 2011.

43. Hebblewhite, B., M. Fabjanczyk, and P. Gray, *Investigations into premature rock bolt failures in the Australian coal mining industry.* 2003.

44. Restrepo, Á., E. Bazzo, and R. Miyake, *A life cycle assessment of the Brazilian coal used for electric power generation.* Journal of Cleaner Production, 2015. 92: p. 179-186.

45. Kirsch, S., *Mining capitalism* ,in *Mining Capitalism*. 2014, University of California Press.

46. Calzada Olvera, B., *Innovation in mining: what are the challenges and opportunities along the value chain for Latin American suppliers?* Mineral Economics, 2022. 35(1): p. 35-51.

47. Viatte ,G., *Adopting technologies for sustainable farming systems: an OECD perspective.*, in *In Adoption of Technologies for Sustainable Farming Systems Wageningen Workshop Proceedings* 2001.

aspirations. Minerals, 2019. 9(5): p. 286.

60. Rajasulochana, P., & Preethy, V., *Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water–A comprehensive review.* Resource-Efficient Technologies, 2016. 2(4): p. 175-184.

61. Lauwo, S., *Challenging masculinity in CSR disclosures: Silencing of women's voices in Tanzania's mining industry.* Journal of Business Ethics, 2018. 149(3): p. 689-706.

62. Bayeh, E., *The role of empowering women and achieving gender equality to the sustainable development of Ethiopia.* Pacific Science Review B: Humanities and Social Sciences, 2016. 2(1): p. 37-42.

63. Everingham, J., et al., *Participatory processes, mine closure and social transitions.* Centre for Social Responsibility in Mining, University of Queensland, 2020.

64. Kozłowska-Woszczycka, A. and K. Pactwa, *Social License for Closure—A Participatory Approach to the Management of the Mine Closure Process.* Sustainability, 2022. 14(11): p. 6610.

65. Goodland, R., *Responsible mining: the key to profitable resource development.* Sustainability, 2012. 4(9): p. 2099-2126.

66. Kivinen, S., *Sustainable post-mining land use: are closed metal mines abandoned or re-used space?* Sustainability, 2017. 9(10): p. 1705.

67. OECD, *The territorial impact of COVID-19: Managing the crisis and recovery across levels of government.* 2021.

68. Clausen, E. and A. Sörensen, *Required and desired: breakthroughs for future-proofing mineral and metal extraction.* Mineral Economics, 2022: p. 1-17.

69. Deloitte, *Navigating a decade of challenges: Five winning initiatives for mining CEOs*. 2022.

70. Altiti, A.H., R.O. Alrawashdeh, and H.M. Alnawafleh, *Open Pit Mining.* Mining Techniques—Past, Present and Future, 2021.

71. Mining-Technology, *Ten Technologies With The Power To Transform Mining.* 2020.

72. Mckinsey, *The Mine-To-Market Value Chain: A Hidden Gem.* 2020.

73. Lee, J., Bazilian, M., Sovacool, B., & Greene, S., *Responsible or reckless? A critical review of the environmental and climate assessments of mineral supply chains.* Environmental Research Letters, 2020. 15(10): p. 103009.

74. Batterham, R., *The mine of the future–even more sustainable.* Minerals Engineering, 2017. 107: p. 2-7.

75. Worldsensing, *The Top 6 Tech Trends Improving Mining Productivity.* 2017.

۷۶. طاها، ر.، *روش تحلیل ساختاری، ابزاری برای شناخت و تحلیل متغیرهای موثر بر آینده موضوعات شهری*، *اولین همایش ملی آینده پژوهی*. ۱۳۹۱.