Original Article

Journal of Green Development Management Studies

Autumn & Winter 2024, Volume 3, Issue 2, Serial Number 6, Pages 73-92

https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.6838.1044

How Green Branding Goal effects Technology Selection Strategy: Case Study of Tank Bioleaching technology selection

Alireza Sheikh[1], Omid Esmaeili Shoja[2*]

1.Department of Management, Science and Technology, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

2.Department of management, Science and technology, Amirkabir University of technology, Tehran, Iran

**Corresponding author, Email: omid.shoja@aut.ac.ir*

Keywords:
Green branding,
Sustainable Technology Selection Strategy,
Multi-Criteria Decision Making
and Analytical Hierarchical Process, Copper Cathode Production,
Tank Bioleaching.

Received:
30/Sep/2023

Accepted:
27/Apr /2024

Introduction

The world faces sustainability challenges in economic, environmental, and social dimensions. Unsustainable consumption and production are causing serious social and economic crises, threatening life on Earth. Changing consumption and production patterns can protect natural resources. Green technology is crucial for sustainable development, but adopting it in business operations is challenging. The rise of green branding has prompted companies to adopt eco-friendly practices. Research by Khandelwal et al., 2021 highlights increasing interest in green branding, emphasizing its importance in organizational strategies, including technology selection. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) helps resolve problems with multiple conflicting criteria. The Analytic Hierarchy Process (AHP), designed by Saaty (1980), is preferred for technology selection .This research introduces a framework to integrate green branding goals into technology selection strategies. It uses multi-criteria decision-making methods and the analytic hierarchical process. A case study from the copper industry examines how these methods align technology selection with green branding at Babak Copper Company, known for its tank bioleaching method for copper production.

Materials and Methods

This paper presents a framework for technology evaluation, using the Iranian Babak Copper Company's adoption of Tank Bioleaching Technology to assess its alignment with green branding goals. MCDM, a field within operations research and management science, focuses on evaluating and selecting alternatives under conflicting criteria based on decision makers' preferences. It offers a structured process to evaluate multiple criteria simultaneously, aiding decision-makers in ranking and prioritizing alternatives. Common MCDM methods include AHP, which helps structure complex decisions hierarchically using pairwise comparison and consistency tests. MCDM and AHP support organizations in making strategic, responsible technology choices, enhancing operational efficiency, and fostering market competitiveness. A study by Sitorus et al. (2019) found that MCDM methods are frequently used in mining, with AHP being the most common. Among 90 reviewed articles, AHP was used in 26, and 17 of 41 hybrid MCDM articles combined AHP with other methods. The Iranian Babak Copper Company (IBCCO), based in Kerman province, aligns its technology choices with green branding goals, employing tank bioleaching technology to reduce environmental impact. This study evaluates bioleaching methods using AHP, considering IBCCO's green branding and business objectives. Five main copper ore bioleaching technologies are identified. Six key criteria for evaluation including sustainability, feasibility, efficiency, profitability, scalability, and innovation are selected based on literature review. Six mining experts provide pairwise comparison matrices, which are normalized and assessed for consistency using Expert Choice software.

Findings

For our final step, we are going to calculate the criterion weight by multiplying each criterion priority by the corresponding option priority. Then, we sum all the weighted criteria by option, having a final score for each option over the main goal. Table 1 presents an aggregate summary of the scores for each production alternative, taking into account all the assessed criteria.

Table 1. Final technology scores regard to criterion.

Technology	Production Sustainability	Efficiency	Scalability	Innovation	Profitability	Feasibility	Goal
Tank Bioleaching	0.086828	0.04859	0.006555	0.090978	0.03077	0.102396	0.366117
Heap Bioleaching	0.03038	0.017402	0.014973	0.021063	0.03876	0.049404	0.171982
Dump Bioleaching	0.04802	0.029267	0.012489	0.036639	0.02924	0.069	0.224655
Vat Bioleaching	0.021952	0.013899	0.028635	0.021594	0.06052	0.037812	0.184412
In-Situ Bioleaching	0.008624	0:003842	0.006348	0.006726	0.01054	0.017112	0.053192
Totals	0.196	0.113	0.069	0sl77	0.170	0.276	1

Discussion and Conclusion

After evaluation utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP), it becomes evident that the tank bioleaching technology stands out as the optimal choice aligning with the objectives of the Babak Copper Company. The calculated AHP score for tank bioleaching, 0.366117, unequivocally supports the notion that the chosen technology resonates harmoniously with the company's mission. Illustrating through the case of IBCCO, which holds green branding as a paramount objective, this research deals with a comprehensive evaluation of the choice of copper cathode production technology within the company and its alignment with green branding aspirations. To facilitate the evaluation of manufacturing alternatives, this study introduces a comprehensive framework leveraging MCDM and AHP methods. The selection of this method is rooted in its prevalence in technology selection, particularly within the mining sector. Through the existing literature, bioleaching stands out as the environmentally preferable choice for copper extraction in contrast to other hydrometallurgy options, given its commercial and sustainability considerations. The subsequent step, involves the assessment of various bioleaching methods, including tank bioleaching, heap bioleaching, dump bioleaching, vat bioleaching and in-situ, all conducted through the AHP technique. This paper delves into the intricate interplay between green branding objectives and technology selection strategies. Through reviewing the existing literature on green branding, sustainable technology and technology selection strategies, this paper investigates their relationship. Moreover, future research avenues could delve into exploring the impact of green technology adoption on intangible assets and legal benefits. Furthermore, investigating the willingness of businesses and governments to pay a premium for green products could provide valuable insights. Lastly, assessing the long-term implications of reduced production costs in the tank bioleaching method is another area warranting exploration. In conclusion, the prioritization of green branding within the production sphere underscores the escalating significance of green manufacturing within the industry. Nevertheless, it's imperative to recognize that the pursuit of green branding objectives isn't devoid of challenges, and in some instances, a trade-off between profitability and sustainability may emerge. Nonetheless, this study demonstrates that enterprises can effectively integrate environmental and green aspirations alongside their core business objectives, signifying a progressive approach to confront the mounting imperative of green production within the industry.

How to cite this article:

Sheikh, A.R., & Esmaeili Shoja, O. (2024). How Green Branding Goal effects Technology Selection Strategy: Case Study of Tank Bioleaching technology selection. *Green Development Management Studies*, **3(2), 73-92. https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.6838.1044**

Copyright: © 2024 by the authors. Licensee Journal of Green Development Management Studies. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

مجله مطالعات مدیریت توسعه سبز

سال سوم، شماره دوم، پیاپی ۶، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صفحات ۷۳-۹۲

https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.6838.1044

چگونه هدف نام تجاری سبز بر راهبرد انتخاب فناوری تأثیر می‌گذارد: مورد مطالعه انتخاب فناوری بایولیچینگ تانک کانه‌های سولفید مس

علیرضا شیخ [۱]، امید اسماعیلی شجاع [۲*]

[۱] استادیار گروه مدیریت کسب و کار، دانشکده مدیریت، علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

[۲] دانش آموخته کارشناسی‌ارشد مدیریت کسب و کار- بازاریابی، دانشکده مدیریت، علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: omid.shoja@aut.ac.ir

واژگان کلیدی:

برندسازی سبز، راهبرد انتخاب تکنولوژی پایدار، تصمیم‌گیری چند معیاره، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی،بایولیچینگ تانک.

تاریخ دریافت:

۸ مهر ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش:

۸ اردیبهشت ۱۴۰۳

چکیده

در عصری که با افزایش نگرانی‌های پایداری در ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی روبه‌رو است، ضرورت پذیرش فناوری سبز بیش از پیش مشهود است. الگوهای مصرف و تولید ناپایدار تهدیدهای مهمی برای رفاه جهانی به‌حساب می‌آیند. این تحقیق به بررسی این موضوع می‌پردازد که چگونه اهداف برندسازی سبز سازمان‌ها بر استراتژی انتخاب فناوری آنها تأثیر می‌گذارد. این تحقیق در یک مطالعه موردی از صنعت مس، از طریق معرفی چارچوبی جهت ارزیابی فناوری‌های تولید و بررسی "بابک مس ایرانیان" به‌عنوان شرکت پیشرو در زمینه تولید سبز کاتد مس، فناوری‌های موجود در زمینه تولید سبز و همسویی آنها را با هدف برندسازی سبز سازمان ارزیابی می‌کند و بهترین فناوری را در این راستا شناسایی کرده و بر انتخاب این شرکت صحه می‌گذارد. نوآوری این شرکت در فناوری بایولیچینگ تانک برای تولید کاتد مس، نشان دهنده تعهد آن به شیوه‌های پایدار و از طرفی درنظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی از جمله بهره‌وری تولید می‌باشد. این تحقیق به ایجاد درک عمیق‌تری از رابطه پیچیده بین انتخاب فناوری و اهداف کسب‌وکار کمک می‌کند و جنبه‌ای حیاتی از استراتژی اداره کسب‌وکارها را روشن می‌کند.

مقدمه

جهانی که ما در آن زندگی می‌کنیم با چالش‌های پایداری از هر سه بعد ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مواجه است (بالکلی و بتسیل، ۲۰۰۵)[1]. افزایش‌این نوع مشکلات عمدتاً ناشی از مصرف و تولید ناپایدار است که منجر به بحران‌های اجتماعی و اقتصادی جدی می‌شود و به‌عنوان تهدیدی برای زندگی در این سیاره به‌حساب می‌آید. تنها راه ریشه کن کردن این مشکلات، قدم زدن در مسیر توسعه پایدار است. بنابراین، تغییر الگوهای تولید و مصرف می‌تواند به حفاظت از منابع طبیعی و زیست‌محیطی کمک کند (بگ و پریتوریوس، ۲۰۲۲)[2]. اتفاق‌نظر گسترده‌ای مبنی براین تفکر که استفاده از فناوری سبز راه مهمی برای تبدیل حالت توسعه غیر مسئولانه فعلی به توسعه مبتنی بر حفظ محیط‌زیست است وجود دارد. پایداری منجر به پیشرفت اجتماعی و اقتصادی می‌شود. بااین‌حال، چگونگی اتخاذ یک فناوری سبز مناسب و پیاده سازی آن در عملیات کسب و کار، برای متخصصان این کار بسیار دشواری است و گاهاً مانع از تحول فناوری در عمل می‌شود (شیا، ژانگ، یو و تو، ۲۰۱۹ ب)[3].

از سوی دیگر، اصطلاح "سبز" به‌عنوان نمادی استفاده شده‌است که نشان دهنده بسیاری از استراتژی‌های موقعیت یابی برند مانند جنبه‌های ارگانیک، بهره‌وری در مصرف انرژی و سازگاری با محیط‌زیست است. کسب و کار پایدار یا سبز، کسب و کاری است که کمترین تأثیر منفی را بر محیط جهانی یا محلی و جامعه داشته‌باشد (مانجوناث، ۲۰۱۴)[4]. اهمیت روزافزون مسائل زیست‌محیطی به بالا رفتن اهمیت برندسازی سبز منجر شده‌است. از طرفی اهمیت روزافزون برندسازی سبز شرکت‌ها را به توسعه و اصلاح شیوه‌های تبلیغاتی و تولیدی خود به شکل‌های سازگار با محیط‌زیست سوق داده است. علاوه براین، تحقیقات انجام شده افزایش قابل توجهی را در حجم مقالات در دو دهه اخیر نشان‌می‌دهد که نشان‌دهنده افزایش علاقه به برندسازی سبز است (خنداوال، تریپاتی، گوپتا، ۲۰۲۱)[5]. این افزایش بر اهمیت ادغام اهداف برند سبز در استراتژی‌های سازمانی از جمله استراتژی‌های انتخاب فناوری تأکید می‌کند. به‌طور کلی، برندهای سبز موفق با فناوری‌های جایگزین سبز یا فلسفه شرکت سبز مرتبط هستند (پارکر، سِگو و پینتو، ۲۰۱۰)[6].

توسعه در زمینه فناوری سبز توسط عوامل بسیاری از جمله جهت گیری تجاری، علایق و شرایط عملیاتی مربوطه هدایت می‌شود. پذیرش فناوری سبز به همکاری بین بسیاری از مؤلفه‌ها به‌طور سیستماتیک بستگی دارد که با ویژگی‌های عملیاتی، فنی، تجاری، ظرفیت و جنبه‌های فنی مرتبط است (شیا، ژانگ، یو و تو، ۲۰۱۹ آ؛ هر من، موسگارد و کرندراپ، ۲۰۱۶)[7]. تحقیقات قبلی نشان‌می‌دهد که عواملی مانند ویژگی‌های فناوری سبز، امکان‌سنجی، سودآوری و عملکرد مالی، شایستگی و وجود منابع عناصر عملیاتی کلیدی مؤثر بر کاربرد فناوری سبز در کسب‌وکار هستند (شیا، ژانگ، یو و تو، ۲۰۱۹ ب؛ شیه، هو و ژو، ۲۰۱۹)[8].

با افزایش پیچیدگی در تصمیم‌گیری‌ها، شناسایی فناوری جایگزین که تمام معیارهای تصمیم‌گیری را شامل می‌شود، برای تصمیم‌گیرندگان روزبه‌روز دشوارتر می‌شود. برنامه‌ریزی شناسایی فناوری مستلزم یک رویکرد چندجانبه و اتخاذ روش‌های تحلیلی در یک چارچوب بهینه است که موارد جایگزین را بررسی می‌کند و همزمان ابعاد متعدد سیاسی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را در نظر می‌گیرد و تضادها را کاهش می‌دهد. (آناندا و هرات، ۲۰۰۹؛ سی، مرجانوویچ، نصیری و بل، ۲۰۱۶)[9]. تصمیم گیری چند معیاره روش تصمیم گیری است که تصمیم گیرنده را برای حل مشکلات در زمانی که چندین معیار غیر مرتبط درگیر هستند و نیاز به ارزیابی دارند، هدایت می‌کند. در طول سال‌ها، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره متعددی در ادبیات پیشنهاد شده‌اند (سیتروس، سیلرز و

[1] Bulkeley, H., & Betsill, M. M. (2005)
[2] Bag, S., & Pretorius, J. H. C. (2022)
[3] Xia, D., Zhang, M., Yu, Q., & Tu, Y. (2019b)
[4] Manjunath, G. (2014)
[5] Khandelwal, U., Tripathi, V., & Gupta, A. (2021)
[6] Parker, B., Segev, S., & Pinto, J. (2010)
[7] Xia, D., Zhang, M., Yu, Q., & Tu, Y. (2019a); Hermann, R. R., Mosgaard, M., & Kerndrup, S. (2016)
[8] Xie, X., Huo, J., & Zou, H. (2019)
[9] Ananda, J., & Herath, G. (2009); Si, J., Marjanovic-halburd, L., Nasiri, F., & Bell, S. (2016)

بریتو–پارادا، ۲۰۱۹)[1]. این روش‌ها از نظر نوع سؤالات پژوهشی، نوع مشکل، پیش‌زمینه نظری و نوع پیامدها متفاوت هستند. سیتروس، سیلرز و بریتو پارادا، ۲۰۱۹؛ شاه نظری، روحانی، بوشان، علی و حسین ۲۰۲۰[2]؛ علی، ناهیان و ما، ۲۰۲۰[3]؛ کاآ، رضایی، کامپ و وین‌تر، ۲۰۱۴[4]؛ و یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری ۲۰۱۹[5]، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی را که در ابتدا توسط ساعتی[6] در دهه ۱۹۸۰ مطرح شده بود، به‌عنوان یک روش انتخاب فناوری در مقایسه با سایر روش‌های تصمیم گیری چند معیاره به کار گرفته‌اند. علاوه براین، سیتروس، سیلرز و بریتو–پارادا، ۲۰۱۹؛ فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی را به‌عنوان متداول‌ترین روش مورد استفاده در زمینه انتخاب فناوری شناسایی کردند.

این تحقیق تلاش می‌کند تا با معرفی چارچوبی، به چگونگی انعکاس اهداف برندسازی سبز در استراتژی انتخاب فناوری سازمان پاسخ دهد. همچنین تعامل این بررسی با ادغام روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی تسهیل می‌یابد. این تحقیق با استفاده از یک مطالعه موردی از صنعت مس، به بررسی استفاده از روش‌های مذکور برای ادغام استراتژی‌های انتخاب فناوری با اهداف نام تجاری سبز در شرکت مس بابک، پیشگام بین‌المللی در توسعه روش بایولیچینگ تانک[7] برای تولید کاتد مس، می‌پردازد.

سبز، یک واژه بین‌المللی است و تعاریف زیادی توسط محققان برای‌این واژه ارائه شده‌است. سبز را می‌توان به‌عنوان هر فعالیتی که محیطزیست را حفظ می‌کند، تعریف کرد (ویلیامز، ۲۰۱۱)[8]. از سوی دیگر سبز برای دلالت بر سازگاری یک سرویس، محصول یا فناوری با محیطزیست استفاده می‌شود (دیِردورف، نور تون، در وز، کروستالیس، ریوکین و لوئیس ۲۰۰۹)[9]. همچنین سبز، به‌عنوان نمادی استفاده شده‌است که نشان دهنده بسیاری از استراتژی‌های موقعیت یابی برند مانند تولید ارگانیک و استفاده از انرژی پاک است (لی، امساد، سان، تان، لو و لائو، ۲۰۲۰)[10].

ایجاد یک برند قوی همیشه یک هدف اصلی برای کسب و کار بوده است، زیرا مزایای زیادی از جمله: حاشیه سود بیشتر، فرصت‌های بیشتر برای توسعه، و حفظ موقعیت قوی در برابر رقبا در راستای داشتن یک برند قوی قابل دستیابی است (با لستر و آلیمان، ۲۰۰۵). برندسازی فرآیند ایجاد هویت منحصربه‌فرد برای یک محصول، خدمات یا شرکت است که آن را از رقبای خود متمایز می‌کند. با این حال، در سال‌های اخیر، تغییری در رویکرد شرکت‌ها به موضوع برندسازی مورد توجه قرار گرفته است. با افزایش نگرانی‌ها در مورد محیطزیست و پایداری، شرکت‌ها شروع به درک اهمیت ترکیب ایده‌های سبز در استراتژی‌های برندسازی خود کرده‌اند (مانجونات، ۲۰۱۴)[11].

نام تجاری سبز به استفاده از شیوه‌های سازگار با محیطزیست و پایداری در تلاش‌های برندسازی و بازاریابی اشاره دارد. این راهی است برای شرکت‌ها تا تعهد خود را به محیطزیست نشان دهند و برای مصرف کنندگان که به‌طور فزاینده‌ای نسبت به محیطزیست آگاه هستند، جذابیت ایجاد کنند (یی اس چن، ۲۰۱۰)[12]. به گفته مراد، سراج و احمد، ۲۰۱۲[13]؛ بسیاری از شرکت‌ها در سرتاسر جهان به‌دلایل زیادی مانند استفاده کارآمد از منابع، بازگشت سرمایه، ورود به بازارهای جدید، افزایش فروش و درآمد، بهبود تصویر شرکت،

---

[1] Sitorus, F., Cilliers, J. J., & Brito-Parada, P. R. (2019)
[2] Shahnazari, A., Ra, M., Rohani, A., Bhushan, B., Ali, M., & Hossien, M. (2020)
[3] Ali, T., Nahian, A. J., & Ma, H. (2020)
[4] Kaa, G. Van De, Rezaei, J., Kamp, L., & Winter, A. De. (2014)
[5] Yousefzadeh, S., Yaghmaeian, K., Hossein, A., & Nasseri, S. (2019)
[6] Thomas L. Saaty
[7] Tank Bioleaching
[8] Williams, C. D. (2011)
[9] Dierdorff, E. C., Norton, J. J., Drewes, D. W., Kroustalis, C. M., Rivkin, D., & Lewis, P. (2009)
[10] Li, L., Msaad, H., Sun, H., Tan, M. X., Lu, Y., & Lau, A. K. W. (2020).
[11] Manjunath, G. (2014)
[12] Chen, Y. S. (2010)
[13] Mourad, M., Serag, Y., & Ahmed, E. (2012)

تمایز محصول و افزایش مزیت‌های رقابتی، استراتژی‌های برندسازی سبز را اتخاذ می‌کنند. برند سبز بر کاهش تأثیر منفی بر محیط‌زیست و بهبود پایداری اجتماعی و اقتصادی شیوه‌های تجاری تمرکز دارد. برای شرکت‌ها بسیار مهم است که نه‌تنها برای جلب نظر مصرف‌کنندگان، بلکه برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی و کمک به آینده‌ای پایدارتر، نام تجاری سبز را در استراتژی برندسازی کلی خود ادغام کنند.

جوامع در سراسر جهان اخیراً متوجه شده‌اند که به‌دلیل مقادیر عظیمی از آلودگی‌های زیست‌محیطی که توسط شرکت‌های صنعتی تولید می‌شود مسائل زیست‌محیطی به‌طور پیوسته در حال افزایش است (مراد، سراج و احمد، ۲۰۱۲). فناوری پایدار، که به‌عنوان فناوری پاک یا فناوری سبز شناخته می‌شود به توسعه فرآیندها و سیستم‌های نوآورانه اشاره دارد که با هدف به حداقل رساندن اثرات منفی زیست‌محیطی و در عین حال ارتقا رفاه اقتصادی و رفاه اجتماعی انجام‌می‌شود. از طرفی، فناوری پایدار توسعه و به‌کارگیری محصولات، تجهیزات و سیستم‌هایی است که برای حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند که تأثیر منفی فعالیت‌های انسانی را به حداقل می‌رساند و کاهش می‌دهد (باردواج، ۲۰۲۱)[1]. طبق این مفهوم، فناوری‌های سبز آن‌هایی هستند که آسیب‌های زیست‌محیطی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهند، و استفاده از منابع تجدیدپذیر را ترویج می‌دهند، منابع طبیعی و انرژی را حفظ می‌کنند، استفاده از آنها ایمن است و سلامت و پایداری محیط‌زیست را بهبود می‌بخشند (فرناندو، حوزه، جابور و واه، ۲۰۱۹)[2].

صنعت معدن که به‌عنوان محور این مطالعه عمل می‌کند، با چالش‌های پایداری متعددی مواجه است. یک مشکل عمده آسیب‌های زیست‌محیطی به‌دلیل سطح بالای آلودگی ناشی از فناوری‌های سنتی است (دو آسیا و ناتارجان، ۲۰۰۴)[3]. در میان این چالش‌ها، موضوع فروشویی سنگ معدن و استحصال مواد معدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مقایسه با روش‌های هیدرو متالورژی[4] سنتی، بایولیچینگ[5] انرژی کمتری مصرف می‌کند و گازهای گلخانه‌ای مضر کمتری منتشر می‌کند (پورمند، ۲۰۱۶؛ وانگ، یین، وو و چن، ۲۰۲۰)[6].

بایولیچینگ فرایندی است که در آن از میکروارگانیسم‌ها[7] برای استخراج فلزات از سنگ معدن یا مواد دیگر استفاده می‌شود. کاربرد تجاری بایولیچینگ مس به‌عنوان یک رویکرد سازگار با محیط‌زیست برای بازیافت منابع معدنی با عیار پایین یا منابع ثانویه، از دهه ۲۰۰۰ در سراسر جهان افزایش یافته‌است (یین، وانگ، کابو، چن، یان، آن، ژانگ و وو، ۲۰۱۸[8]؛ پورمند، ۲۰۱۶). بایولیچینگ یک روش پایدار برای بازیافت فلزات از باطله‌ها و کنترل انتشار مواد زیست تخریب گر از آنها است که می‌تواند به حفظ انرژی تجدیدناپذیر و استفاده کامل از این منبع ثانویه کمک کند (ژائو، ژیانگ آل، مائو، یائو و ژیانگ پی، ۲۰۲۱)[9]. این روش قرار گرفتن کارکنان در معرض مواد خطرناک را به حداقل می‌رساند و خطر حوادث محل کار را کاهش می‌دهد. ثانیاً، بایولیچینگ به‌طور قابل توجهی اثرات زیست‌محیطی تولید مس را کاهش می‌دهد (پورمند، ۲۰۱۶).

در حال حاضر، بایولیچینگ مس بیش از ۳۰ درصد از تولید جهانی مس کاتدی را تشکیل می‌دهد (یین، وانگ، کابو، چن، یان، آن، ژانگ و وو، ۲۰۱۸). فرآیندهای بایولیچینگ صنعتی برحسب اصول مبتنی بر آبیاری به دو گروه (بایولیچینگ دامپ[10]، بایولیچینگ

---

[1] Bhardwaj, M. (2021)
[2] Fernando, Y., Jose, C., Jabbour, C., & Wah, W. (2019)
[3] Devasia, P., & Natarajan, K. A. (2004)
[4] Hydrometallurgy
[5] Bioleaching
[6] Pourmand, A. (2016); Wang, L., Yin, S., Wu, A., & Chen, W. (2020)
[9] Micro Organisms
[8] Yin, S., Wang, L., Kabwe, E., Chen, X., Yan, R., An, K., Zhang, L., & Wu, A. (2018)
[9] Gao, X., Jiang, L., Mao, Y., Yao, B., & Jiang, P. (2021)
[10] Dump Bioleaching

پشته‌ای[1] و بایولیچینگ درجا[2]) و (بایولیچینگ حوضچه‌ای[3] و بایولیچینگ تانک) تقسیم می‌شوند (ژائو، ژیانگ آل، مائو، یائو و ژیانگ پی، ۲۰۲۱).

در اینجا خلاصه‌ای از تعاریف هر روش آورده شده‌است:

- بایولیچینگ تانک: بایولیچینگ تانک شامل قرار دادن سنگ معدن ریز خرد شده در مخازن و انجام کشت‌های میکروبی است که به استخراج فلز می‌انجامد. مخلوط هم زده می‌شود و عمل میکروبی را تسهیل می‌کند. این یک روش کارآمد است و شرایط کنترل شده‌ای را برای رشد میکروبی و بازیابی فلز ارائه می‌دهد (پورمند، ۲۰۱۶).
- بایولیچینگ پشته‌ای: در بایولیچینگ پشته‌ای، سنگ معدن خرد شده به‌صورت توده‌ها یا پشته‌ها انباشته می‌شود و به آب و محلول‌های میکروبی اجازه می‌دهد تا در داخل کپه نفوذ کنند. این روش برای سنگ‌های با عیار پایین‌تر مناسب است و روشی مقرون‌به‌صرفه برای استخراج فلزات ارائه می‌دهد، اگرچه‌این فرآیند ممکن است بیشتر طول بکشد (یین، وانگ، کابو، چن، یان، آن، ژانگ و وو، ۲۰۱۸).
- بایولیچینگ دامپ: بایولیچینگ دامپ شبیه به لیچینگ پشته‌ای است، اما شامل قرار دادن سنگ معدن روی یک لاینر غیرقابل نفوذ است. محلول‌های لیچینگ از بالا اعمال می‌شود و فلز در پایه جمع آوری می‌شود. این روش برای تصفیه حجم بیشتری از سنگ معدن با عیار پایین سودمند است (یین، وانگ، کابو، چن، یان، آن، ژانگ و وو، ۲۰۱۸).
- بایولیچینگ حوضچه‌ای: در این روش سنگ معدن خرد شده در حوضچه‌هایی قرار می‌گیرد و محلول‌های لیچینگ و کشت‌های میکروبی اضافه می‌شود. مخلوط به‌صورت دوره‌ای هم زده می‌شود و از تماس کامل بین میکروب‌ها و سنگ معدن اطمینان حاصل می‌شود. این روش می‌تواند با انواع سنگ معدن سازگار شود (کاکسونن، بوکسال، گومولیا، خالقو، موریس، بُهو، چنگ، اوشر و لاکانیمی، ۲۰۱۸)[4].
- بایولیچینگ درجا: بایولیچینگ درجا شامل استحصال ذخایر سنگ معدن بدون حفاری آنها می‌شود. محلول‌های لیچ مستقیماً به بدنه سنگ در اعماق زمین تزریق می‌شوند و فعالیت میکروبی را برای حل کردن فلزات انجام می‌دهند. این روش اختلالات محیطی را به حداقل می‌رساند و برای ذخایر معدنی عمیق‌تر مناسب است (ریچر، کالا، میبرز، نیکولای و مارتین، ۲۰۱۸)[5].

تأکید براین نکته ضروری است که هدف این مقاله بررسی پیچیدگی‌های روش‌های بایولیچینگ نیست و علی‌رغم وجود ادبیات گسترده که روش‌های مختلف بایولیچینگ را بررسی می‌کند، شکاف تحقیقاتی بحث شده، بررسی چگونگی دخول اهداف برندسازی سبز در انتخاب تکنولوژی با مطالعه موردی شرکت بابک‌مس می‌باشد.

اهداف برندسازی سبز نقشی اساسی در شکل‌دهی معیارها و اولویت‌های ارزیابی فناوری ایفا می‌کند و منجر به پذیرش فناوری‌های سازگار با محیطزیست و مسئولیت‌پذیر اجتماعی می‌شود که با ارزش‌های زیست‌محیطی شرکت همسو می‌شود و تصویر کلی برند آن را ارتقا می‌دهد. پذیرش فناوری سبز شامل اتخاذ فرآیندها، تکنیک‌ها و سیستم‌های جدید یا بهبود یافته برای کاهش اثرات مضر فعالیت‌های تجاری بر محیطزیست و تأثیر منفی فعالیت‌های انسانی است (یاکوب، و ونگ و خور، ۲۰۱۹)[6].

همانطور که شرکت‌ها تلاش می‌کنند توسعه فناوری خود را با اهداف پایداری هماهنگ کنند، ملاحظات خاص مربوط به اثرات زیست‌محیطی، بهره وری منابع و مسئولیت اجتماعی بسیار مهم می‌شوند. با ادغام اهداف برندسازی سبز در فرآیند ارزیابی، سازمان‌ها

---

[1] Heap Bioleaching
[2] In-Situ Bioleaching
[3] Vat Bioleaching
[6] Kaksonen, A. H., Boxall, N. J., Gumulya, Y., Khaleque, H. N., Morris, C., Bohu, T., Cheng, K. Y., Usher, K. M., & Lakaniemi, A. M. (2018)
[5] Richter, C., Kalka, H., Myers, E., Nicolai, J., & Märten, H. (2018).
[6] Yacob, P., Wong, L. S., & Khor, S. C. (2019)

اطمینان حاصل می‌کنند که انتخاب‌های فناوری نه‌تنها با اهداف پایداری آنها همسو می‌شوند، بلکه تعهد آن‌ها را به شیوه‌های مسئولانه و اخلاقی دربر می‌گیرد (وانگ ام، لی وای، لی جی و وانگ زد، ۲۰۲۱)[1]. پذیرش فناوری سبز یک فرآیند تصمیم گیری پیچیده‌است و به همکاری بین بسیاری از مؤلفه‌ها از جمله ویژگی‌های عملیات، ظرفیت و ویژگی‌های فنی به‌طور سیستماتیک بستگی دارد. معیارها ممکن است شامل عواملی مانند کارایی تولید، مقرون به صرفه بودن، مقیاس‌پذیری، استانداردها و قوانین و امکان سنجی تکنولوژیکی باشند (علی، ناهیان و ما، ۲۰۲۰[2]؛ یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۲۰). علاوه براین، در شرکتی که با هدف برندسازی سبز هدایت می‌شود، معیارها باید با ملاحظات سبز مانند تولید پایدار، مسئولیت اجتماعی، بهره‌وری منابع و انرژی و سازگاری با محیطزیست در نظر گرفته شوند (باری را و سگورا، ۲۰۲۲؛ شیا و همکاران، ۲۰۱۹ آ؛ شیه و همکاران، ۲۰۱۹؛ فرز و نوروا، ۲۰۲۱)[3].

همانطور که قبلاً اشاره شد، در حالی که ادبیات فراوانی وجود دارد که پیچیدگی‌های فنی روش‌های بایولیچینگ را بررسی می‌کند، ارزیابی‌این روش‌ها از نظر همسویی آن‌ها با اهداف برندسازی سبز در بررسی ادبیات یافت نمی‌شود. در بخش بعدی با معرفی چارچوبی برای ارزیابی فناوری و سپس ارائه مطالعه موردی شرکت بابک مس‌ایرانیان که از فناوری بایولیچینگ در تولید کاتدهای مس استفاده می‌کند، انتخاب فناوری بایولیچینگ تانک و انطباق آن با اهداف برندسازی سبز این شرکت را ارزیابی خواهیم کرد.

مواد و روش‌ها

تصمیم گیری چند معیاره یکی از حوزه‌های تحقیقاتی در عملیات و علم مدیریت است که به‌طور گسترده توسط محققان و دست‌اندرکاران مورد مطالعه قرار گرفته است (گول، سلیک، آیدین، تاسکین گوموس و گونری، ۲۰۱۶)[4]. در سناریوهای دنیای واقعی، تصمیم گیرندگان اغلب باید عوامل مختلفی را در نظر بگیرند که ممکن است سطوح اهمیت متفاوتی داشته‌باشند. تصمیم گیری چند معیاره یک فرآیند ساختاریافته و سیستماتیک برای ارزیابی چندین معیار به‌طور همزمان فراهم می‌کند و تصمیم گیرندگان را قادر می‌سازد تا جایگزین‌ها را به‌طور عینی رتبه بندی و اولویت بندی کنند. هدف از این شیوه تصمیم‌گیری انتخاب بهترین مجموعه جایگزین‌ها (راه‌حل‌ها) با توجه به معیارها است (فرناندو، حوزه، جابور و واه، ۲۰۱۹)[5]. امروزه رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره با در نظر گرفتن بسیاری از اهداف و متغیرهای کمی و کیفی، به یکی از حوزه‌های تحقیقاتی اصلی برای رسیدگی به مسائل تصمیم گیری پیچیده تبدیل شده‌است (یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۱۹).

تصمیم گیری چند معیاره چندین مزیت را به‌دنبال دارد که باعث بهتر شدن فرآیند تصمیم‌گیری می‌شود. این روش علاوه بر ارزیابی چندین معیار به‌طور همزمان منجر به تصمیم گیری‌های آگاهانه می‌شود (زیود و فوکس‌هانوش، ۲۰۱۷)[6]. تصمیم گیری چند معیاره با استفاده از محاسبات ریاضی ساختاریافته و رویه‌های شفاف گام به گام، عینیت را ارتقا می‌دهد. انعطاف‌پذیری آن امکان سفارشی‌سازی برای سناریوهای تصمیم‌گیری مختلف را فراهم می‌کند که معیارهای کیفی و کمی را به‌طور همزمان در نظر می‌گیرد (یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۱۹).

چندین روش تصمیم گیری چند معیاره وجود دارد که معمولاً برای تسهیل فرآیندهای تصمیم گیری استفاده می‌شود (علی، ناهیان و ما، ۲۰۲۰). اگرچه هیچ فرمول یا قانون کلی برای انتخاب یک تکنیک خاص وجود ندارد، بررسی ادبیات نشان‌می‌دهد که فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی با حدود ۶۵ درصد کاربرد در زمینه‌های مختلف از جمله انتخاب فناوری، غالب‌ترین روش بوده است (سیتروس،

[1] Wang, M., Li, Y., Li, J., & Wang, Z. (2021).
[2] Ali, T., Nahian, A. J., & Ma, H. (2020).
[3] Barrera, F., & Segura, M. (2022); Freze, T., & Nurova, O. (2021)
[4] Gul, M., Celik, E., Aydin, N., Taskin Gumus, A., & Guneri, A. F. (2016)
[5] Fernando, Y., Jose, C., Jabbour, C., & Wah, W. (2019)
[6] Zyoud, S. H., & Fuchs-Hanusch, D. (2017)

سیلرز و بریتو-پارادا، ۲۰۱۹؛ یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۱۹). بنابراین، بخش‌های بعدی بر توضیح دقیق و کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌های فناوری در مطالعه موردی بررسی‌شده تمرکز خواهند کرد.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یک تکنیک تصمیم گیری چند معیاره است که به‌طور گسترده‌ای پذیرفته شده‌است که به تصمیم گیرندگان کمک می‌کند تا با ساختاربندی سلسله‌مراتبی تصمیمات پیچیده را ساده سازی کنند. (کورسون‌اوغلو، ایچلاس و کایا، ۲۰۱۷)[1].

این فرآیند مسئله تصمیم گیری را به یک ساختار سلسله‌مراتبی با سه سطح اصلی تقسیم می‌کند: هدف، معیارها و گزینه‌ها. هدف نشان دهنده هدف کلی است، معیارها عوامل مؤثر بر تصمیم را نشان می‌دهند و گزینه‌های جایگزین نشان دهنده گزینه‌های مورد ارزیابی هستند. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی اساساً مبتنی بر ماتریس مقایسه زوجی و آزمون سازگاری برای بیان اهمیت نسبی بین معیارها و جایگزین است (یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۱۹). در این فرآیند یک چارچوب سلسله‌مراتبی ساختاریافته و عینی ایجاد می‌شود که باعث کاهش تأثیر دیدگاه‌های ذهنی و سوگیری‌های شخصی جهت دهنده به ارزیابی می‌شود و شفافیت را در انتخاب جایگزین افزایش می‌دهد (خایرا و دیودی، ۲۰۱۸[2]؛ زیود و فوکس‌هانوش، ۲۰۱۷؛ سیتروس، سیلرز و بریتو-پارادا، ۲۰۱۹). به‌دست آوردن اولویت‌ها در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی مستلزم محاسبات حداکثر مقدار ویژه، شاخص سازگاری (CI[3])، نسبت سازگاری (CR[4]) و مقادیر نرمال شده برای هر معیار / جایگزین است (اومکارپراساد، وایدیا و کومار، ۲۰۰۶)[5].

انتخاب مناسب و دقیق بهترین فناوری علاوه بر کارایی فرآیند، نیازمند توجه جدی به معیارهای دیگر نیز می‌باشد. از آنجایی که انتخاب بهترین گزینه شامل چالش‌های زیادی در ارتباط با معیارهای مختلف و تصمیم گیری‌های پیچیده‌است، تصمیم گیری چند معیاره می‌تواند به‌عنوان ابزار مفیدی برای پرداختن به‌این موضوع مورد استفاده قرار گیرد (یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۱۹).

استفاده از تصمیم گیری چند معیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای انتخاب فناوری چندین مزیت دارد. اولاً، این رویکرد تصمیم گیرندگان را قادر می‌سازد تا با در نظر گرفتن چندین معیار به‌طور همزمان، یک ارزیابی جامع انجام دهند و اطمینان حاصل کنند که جنبه‌های مختلف از جمله فنی، زیست‌محیطی و اقتصادی فناوری‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند (شاه نظری، روحانی، بوشان، علی و حسین، ۲۰۲۰). علاوه براین، انعطاف‌پذیری و سازگاری‌این روش‌ها به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا معیارها و وزن‌ها را متناسب با زمینه‌های مختلف، تطبیق با شرایط متغیر و استراتژی‌های کسب‌وکار در حال تکامل تنظیم کنند. به‌طور کلی، استفاده از ارزیابی جامع تصمیم گیری چند معیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا انتخاب‌های فناوری آگاهانه، استراتژیک و مسئولانه‌ای داشته‌باشند (علی، ناهیان و ما، ۲۰۲۰).

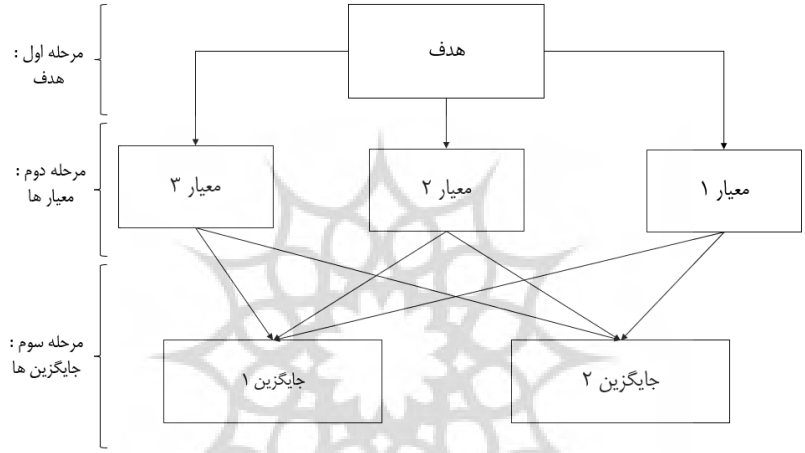
باباتونده، موندا و هامام، ۲۰۱۹[6]؛ از تصمیم گیری چند معیاره برای اتخاذ فناوری‌های پایدار با ادغام ملاحظات پایداری در ارزیابی انتخاب یک سیستم انرژی تجدیدپذیر ترکیبی استفاده‌کرد. یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۱۹؛ با در نظر گرفتن نقش معیارهای انتخاب شده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای انتخاب بهترین فرآیند لیچینگ برای بازیافت مس و استخراج آن PCB[7] ها استفاده‌کرد. همچنین شاه نظری، روحانی، بوشان، علی و حسین، ۲۰۲۰؛ از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای انتخاب بهترین فناوری ترموشیمیایی با معیارهای فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی استفاده کردند.

---

[1] Kursunoglu, S., Ichlas, Z. T., & Kaya, M. (2017)
[2] Khaira, A., & Dwivedi, R. K. (2018).
[4] Consistency Index
[5] Consistency Ratio
[5] Omkarprasad S. Vaidya, Sushil Kumar, (2006).
[6] Babatunde, O. M., Munda, J. L., & Hamam, Y. (2019).
[2] Printed Circuit Board

مطالعه انجام شده توسط سیتروس و همکاران، ۲۰۱۹؛ نشان داد که در زمینه‌های مربوط به معدن، روش‌های تصمیم گیری چند معیاره بیشترین استفاده را برای انتخاب روش استخراج داشته‌اند: ۳۳ مقاله از ۶۹ مقاله (۴۷/۳۸ درصد). همچنین در بین ۹۰ مقاله بررسی‌شده، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی پرکاربردترین روش منفرد است (۲۶ مقاله). در ۴۱ استفاده ترکیبی از تکنیک‌های تصمیم گیری چند معیاره ، ۱۷ (۴۱/۵ درصد) مقاله از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در ترکیب با یک یا چند روش دیگر تصمیم گیری چند معیاره استفاده کردند.

اولین گام استفاده از تصمیم گیری چند معیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، تعریف هدف اصلی است (کورسون‌اوغلو، ایچلاس و کایا، ۲۰۱۷). این هدف انتخاب بهترین فناوری برای فرآیند تولید یا خط محصول خاص است. مرحله دوم، شناسایی معیارهایی است که بر ارزیابی گزینه‌های فناوری تولید تأثیر می‌گذارند. پس از شناسایی معیارها و پس از آن مشخص نمودن گزینه‌های تولید، آن‌ها به‌صورتی که در شکل ۱ مشخص‌شده‌اند ساختار می‌یابند (رن و لوتزن، ۲۰۱۵)[1].



شکل ۱ - لایه بندی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

در مرحله سوم، تصمیم گیرندگان مقایسه‌های زوجی معیارهای شناسایی‌شده را برای تعیین اهمیت نسبی آنها در دستیابی به هدف اصلی انتخاب فناوری انجام می‌دهند (کاآ، رضایی، کامپ و وین‌تر، ۲۰۱۴). این مقایسه‌های زوجی منجر به ماتریسی می‌شود که وزن‌های نسبی معیارها را نشان‌می‌دهد و اهمیت آنها را نسبت به هدف کلی انتخاب فناوری منعکس می‌کند (علی، ناهیان و ما،۲۰۲۰). همچنین، تصمیم گیرندگان با توجه به هر یک از معیارهای شناسایی‌شده، گزینه‌های فناوری تولید را به‌صورت زوجی مقایسه می‌کنند. این فرآیند منجر به ماتریس‌هایی می‌شود که امتیازات نسبی یا رتبه‌بندی عملکرد گزینه‌های فناوری تولید را با توجه به معیارها نشان‌می‌دهد.

ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیارها باید همانطور که در فرمول‌های زیر نشان داده شده‌است ساخته شوند.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad (۱)$$

$$[A_{ij}], where, i, j = 1,2, \dots, n,$$

$$A_{ij} = 1 \; for \; i = j,$$

$$A_{ij} = \frac{1}{A_{ij}} for \; i \neq j.$$

[1] Ren, J., & Lützen, M. (2015)

جدول ۱؛ مقیاس‌های ارزیابی مقایسه زوجی را نشان‌می‌دهد (عزیز، سروشیان و محمود، ۲۰۱۶)[1].

جدول ۱– مقیاس‌های ارزیابی مقایسه زوجی

میزان اهمیت	تعریف	توضیح
۱	تأثیر مستقیم یکسان	هر دو المان تأثیر یکسانی در هدف دارند
۲	تأثیر مستقیم نسبتاً ضعیف	یکی از المان‌ها تأثیر مستقیم نسبتاً بالایی دارد
۳		
۴	تأثیر مستقیم متوسط	یکی از المان‌ها تأثیر مستقیم بالایی دارد
۵		
۶	تأثیر مستقیم قوی	یکی از المان‌ها تأثیری کاربردی و قوی در مقایسه با المان دیگری دارد
۷		
۸	تأثیر مستقیم خیلی قوی	یکی از فاکتورها تأثیری بسیار قوی در مقایسه با المان دیگری دارد
۹		

در مرحله بعد، تصمیم گیرندگان وزن معیار و فناوری جایگزین را بر اساس مقادیر به‌دست آمده از ماتریس‌های مقایسه زوجی محاسبه می‌کنند. برای تعیین وزن معیارها و فناوری جایگزین، مقادیر عددی در هر ردیف از ماتریس مقایسه زوجی نرمال می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که مجموع وزن‌ها برابر با ۱ است (الانگ‌کوماران، ساسیرخا، آنوجکومار، ساکتیول، بوپاتی‌رجا، روبان، سیدهارتا، نظام‌الدین و پراوین، ۲۰۱۳)[2]. چندین روش ریاضی را می‌توان برای نرمال سازی استفاده‌کرد، مانند روش بردار ویژه یا روش میانگین هندسی (ساعتی، ۱۹۸۷)[3].

در مرحله بعد تصمیم گیرندگان امتیازات کلی هر گزینه فناوری تولید را با ترکیب وزن معیار به‌دست آمده با رتبه بندی عملکرد مربوط به هر گزینه فناوری به‌دست آمده از مقایسه‌های زوجی محاسبه می‌کنند (نورمی، ۲۰۱۷)[4].

در گام هفتم، برای انجام تجزیه و تحلیل حساسیت کورسون اوغلو و همکاران، ۲۰۱۷؛ و زیود و فانچهانوش، ۲۰۱۷؛ پیشنهاد کردند که از شاخص سازگاری (CI) و نسبت سازگاری (CR) برای تأیید سازگاری ماتریس مقایسه استفاده شود.

نسبت سازگاری باید کمتر از ۰.۱۰ باشد؛ در غیراین صورت ماتریس مقایسه زوجی نیاز به بازنگری و اصلاح دارد. نسبت سازگاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad (۲)$$

CI، شاخص سازگاری، از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}, \quad (۳)$$

λ_{max} ، بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس ساعتی، ۱۹۷۸؛ است و n تعداد عناصر در قضاوت است. همچنین (RI[5]) به‌معنای شاخص‌های تصادفی است. جدول ۲؛ استاندارد RI را با توجه به n نشان‌می‌دهد (دو راک، ارسلان و اوزدمیر، ۲۰۲۱)[6].

---

[1] Aziz, N. F., Sorooshian, S., & Mahmud, F. (2016).
[2] Ilangkumaran, M., Sasirekha, V., Anojkumar, L., Sakthivel, G., Boopathi Raja, M., Ruban Sundara Raj, T., Siddhartha, C., Nizamuddin, P. and Praveen Kumar, S. (2013)
[3] Saaty, R.W. (1987)
[4] Nurmi .P. (2017)
[5] Randomness Indicators
[6] Durak, İ., Arslan, H. M., & Özdemir, Y. (2021)

جدول ۲– شاخص‌های تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
RI	۰	۰	۰/۵۲	۰/۸۹	۱/۱۱	۱/۲۵	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۴۵

به‌طور خلاصه، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌طور گسترده در زمینه‌های مختلف، از جمله تجارت، مهندسی، مدیریت زیست‌محیطی و ارزیابی فناوری، برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه و عینی در سناریوهای تصمیم گیری پیچیده استفاده شده‌است. شایان‌ذکر است که فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی توسط نرم افزاری‌های کاربر پسندی مانند Expert Choice و Super Decision پشتیبانی می‌شود (سیتروس، سیلرز و بریتو–پارادا، ۲۰۱۹).

مطالعه انجام شده توسط چن، لای و وین، (۲۰۰۶)[1] بیان کرد که نام تجاری سبز را می‌توان به محصول سبز یا نوآوری فرآیند سبز ارتباط داد. شرکت‌ها، مانند شرکت مس بابک‌ایرانیان (IBCCO[2])، تشخیص دادند که همسویی انتخاب‌های فناوری با آرمان‌های نام تجاری سبز نه‌تنها تصویر زیست‌محیطی آن‌ها را بهبود می‌بخشد، بلکه تعهد آنها را به اقدامات پایدار و مسئولیت‌های اجتماعی نشان‌می‌دهد (سایت شرکت بابک مس ایرانیان، ۲۰۱۰ آ)[3]. ادغام روش‌های انتخاب فناوری با اهداف نام تجاری سبز نشان دهنده یک تغییر بنیادی در تصمیم گیری است. این ادغام انتخاب فناوری را از یک تمرین مثمرثمر به یک تلاش استراتژیک ارتقا می‌دهد که رشد کسب و کار را با ملاحظات محیطی و اخلاقی همسو می‌کند. علی‌رغم کاربردهای گسترده تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در فرآیندهای انتخاب فناوری، ادغام‌این روش با موضوع اهداف نام تجاری سبز به‌طور قابل‌توجهی در ادبیات موجود وجود ندارد. با ارائه یک مطالعه موردی از روش بایولیچینگ تانک در تولید کاتد مس در IBCCO، هدف ما نشان دادن‌این است که چگونه استراتژی انتخاب فناوری می‌تواند از تلاش‌های سازمان در راستای نام تجاری سبز حمایت کند و به اهداف کلی پایداری کمک کند.

شرکت بابک مس یک شرکت معدنی مستقر در ایران است که در زمینه تولید مس تخصص دارد. این شرکت یکی از زیرمجموعه‌های هلدینگ " شرکت مادرتخصصی توسعه معادن و صنایع معدنی خاورمیانه" است که با نام MIDHCO[4] در سال ۱۳۸۹ تأسیس شد و دفتر مرکزی آن در استان کرمان واقع در جنوب شرق‌ایران می‌باشد (سایت شرکت بابک مس ایرانیان، ۲۰۱۰ آ). چشم‌انداز IBCCO این است که یک شرکت جهانی، دانش بنیان و پیشرو در صنعت مس در منطقه با سود بالا برای سهامداران باشد. همچنین مأموریت شرکت تولید کاتد مس برای صنایع پایین دست با فناوری پیشرفته پایدار و توسعه و تبدیل فناوری پایدار به یک فناوری سودآور در صنعت مس می‌باشد. خلاقیت، نوآوری، تولید سبز و تعهد اقتصادی برخی از ارزش‌های شرکت است. شرکت مس بابک متعهد به توسعه پایدار است و ابتکارات متعددی را برای کاهش اثرات زیست‌محیطی خود به اجرا در آورده‌است. از جمله پیشروی در استفاده از فناوری بایولیچینگ تانک کانه‌های سولفید مس که به‌دلیل تأثیر زیست‌محیطی نسبتاً کم در مقایسه با روش‌های ذوب سنتی شناخته شده‌است (پورمند، ۲۰۱۶؛ وانگ، یین، وو و چن، ۲۰۲۰). همچنین، IBCCO از منابع انرژی تجدیدپذیر، اقدامات حفاظت از آب و برنامه‌های مدیریت زباله بهره می‌گیرد (سایت شرکت بابک مس ایرانیان، ۲۰۱۰). IBCCO متعهد به استفاده از فرآیندهای تولیدایمن و پایدار برای به حداقل رساندن تأثیر آنها بر محیط‌زیست و جامعه است. کارخانه های تاسیس شده شامل:

الف. کارخانه تولید کاتد مس بایولیچینگ با ظرفیت تولید ۵۰۰۰۰ تن در سال کاتد مس گرید A (LME[5]):

[1] Chen, Y., Lai, S., & Wen, C. (2006)
[7] Iranian Babak Copper Company
[3] https://ibcco.midhco.com/fa/page/Policy.html#1
[4] Middle East Mines & Mineral Industries Development Holding Company
[5] London Metal Exchange

شرکت مس بابک ادعا می‌کند که بزرگ‌ترین و اولین واحد تولید مس جهان به‌روش بایولیچینگ تانک با ظرفیت اسمی تولید سالیانه ۵۰۰۰۰ تن مس کاتد را دارد. این کارخانه در ۲۳ کیلومتری شمال شهرستان بابک در استان کرمان قرار دارد. مطالعات آزمایشگاهی، مطالعات پایلوت و طراحی قسمت فرایندی واحد توسط شرکت کانادایی EPCM[۱] انجام شده‌است و عملیات اجرایی‌این پروژه از سال ۱۳۹۰ آغاز و فاز اول (۳۰ درصد ظرفیت) در سال ۱۳۹۷ راه‌اندازی شد (سایت شرکت هلدینگ میدکو، ۲۰۱۰)[۲].

ب. کارخانه تولید لوله مسی با ظرفیت ۱۲۰۰۰ تن در سال: شرکت مس بابک‌ایرانیان مدعی برخورداری از آخرین تکنولوژی روز دنیا در تولید لوله‌های مسی به‌روش CAST & DRAW (چهارمین خط راه‌اندازی شده در دنیا) می‌باشد (سایت شرکت هلدینگ، ۲۰۱۰).

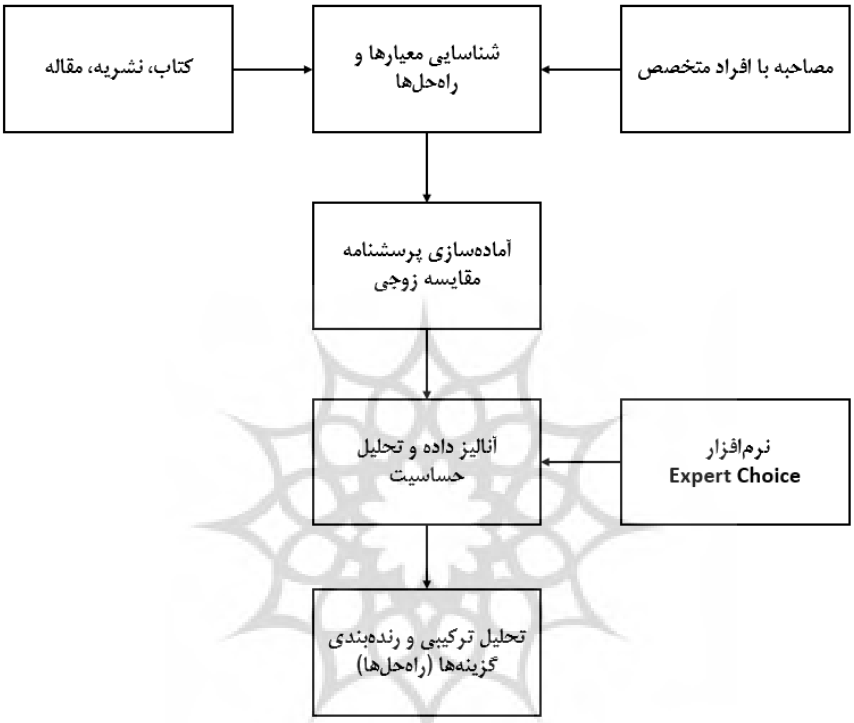
IBCCO موفق به اخذ گواهینامه CE[۳] از TUV NORD آلمان شده‌است. همچنین با رعایت کلیه استانداردهای مدیریت کیفیت، ایمنی و محیطزیست، موفق به اخذ استاندارد ISO9001[۴]، ISO14001، ISO18001 و HSE-MS[۵] از موسسه SGS[۶] ایران شده‌است. قابل‌ذکر است، IBCCO همچنین با ثبت اختراع موفق فناوری خود در کانادا، شیلی و اروپا، گام‌هایی در زمینه نوآوری برداشته‌است، که گواهی بر شناخت و تأثیر جهانی آن است (سایت شرکت میدکو، ۲۰۱۵).

تقاضای جهانی مس به‌طور مداوم در حال افزایش است، در حالی که سودآورترین منابع مس در حال حاضر تمام شده‌است و محتوای فلز در ذخایر سنگ طبیعی باقیمانده در حال کاهش است. این وضعیت منجر به تقاضای مستمر برای فرآیندهای جدید، بهبودیافته و مقرون به صرفه برای برنده شدن مس می‌شود (پورمند، ۲۰۱۶). همانطور که قبلاً ذکر شد، به‌دلیل دستیابی به اهداف برند سبز، IBCCO از فناوری بایولیچینگ تانک برای تولید کاتد مس استفاده می‌کند. براین اساس، تحقیقات به‌سمت ارزیابی روش‌های مختلف بایولیچینگ سوق داده‌می‌شود. این ارزیابی شامل تجزیه و تحلیل این است که کدام تکنیک بایولیچینگ، با توجه به هدف برندسازی سبز شرکت مس بابک و سایر اهداف تجاری، به‌عنوان مناسب‌ترین فناوری برای سازمان عمل می‌کند. در تعقیب‌این هدف، از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای ارزیابی گزینه‌های فناوری استفاده می‌شود.

این فرآیند با شناسایی پنج فناوری اصلی بایولیچینگ سنگ مس مرتبط با تولید کاتد مس آغاز می‌شود. به‌طور همزمان، گروه تحقیقاتی شش معیار کلیدی پایداری تولید، بهره‌وری، مقیاس‌پذیری، نوآوری، سوددهی و امکان‌سنجی و را برای ارزیابی این فناوری‌ها شناسایی می‌کند (علی، ناهیان و ما، ۲۰۲۰؛ یوسف‌زاده، یغمائیان، حسین و ناصری، ۲۰۲۰؛ باری را و سگورا، ۲۰۲۲؛ شیا و همکاران، ۲۰۱۹ آ؛ شیه و همکاران، ۲۰۱۹؛ فرز و نوروا، ۲۰۲۱). این معیارها به‌عنوان عوامل اساسی در فرآیند انتخاب فناوری برای تولید کاتد مس عمل می‌کنند و از ارزیابی جامعی که با اهداف تجاری و اهداف پایداری شرکت هم‌راستا است، اطمینان حاصل می‌کنند. برای ادامه، پرسشنامه‌ای شامل هفت جدول تنظیم گردید. در این میان، شش جدول به‌عنوان ماتریس‌های مقایسه زوجی عمل می‌کنند که مقایسه فن آوری‌های مختلف با یکدیگر را بر اساس معیارهای شناسایی‌شده تسهیل می‌کنند. علاوه براین، جدولی طراحی شده‌است تا امکان مقایسه زوجی بین خود معیارها را با توجه به هدف نهایی انتخاب فناوری در IBCCO، که ترویج تلاش‌های نام تجاری سبز است، فراهم کند. سپس با شش نفر از کارشناسان مجرب در زمینه معدن مصاحبه شد. این کارشناسان از بین مدیران IBCCO، اساتید معدن دانشگاه و مدیران شرکت پژوهش و نوآوری فرتاک‌ایرانیان که در زمینه تحقیق و امکان سنجی فناوری بایولیچینگ در IBCCO فعالیت داشته‌اند، انتخاب‌شده‌اند. سپس از آنها خواسته می‌شود تا جداول را بر اساس دیدگاه خود در مورد ایجاد خط تولید بایولیچینگ

[3] Engineering, Procurement and Construction Management
[4] https://www.midhco.com/en/companies/21-Iranian-Babak-Copper-Co.(IBCCO).html
[3] European Conformity
[4] International Organization for Standardization
[3] Health, Safety, Environment, Management System
[6] Societe General De Surveillance S.A

در IBCCO تکمیل کنند. سپس ماتریس‌های مقایسه زوجی‌ایجاد شد که نرمال سازی شدند و سازگاری ماتریس‌ها توسط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد. شکل ۲، فرآیند تصمیم گیری تحلیل سلسله‌مراتبی را نشان‌می‌دهد که توسط گروه تحقیقاتی برای ارزیابی فناوری تولید استفاده شد. در مرحله آخر، وزن گزینه‌های فناوری متناسب با هر معیار را با ضرب اولویت هر معیار در اولویت فناوری متناسب با آن معیار محاسبه شده است. سپس، با تجمیع وزن گزینه‌های فناوری متناسب با هر معیار امتیازات نهایی فناوری‌هارا متناسب با هدف اصلی شرکت محاسبه گردید.



شکل ۲– فرآیند تصمیم گیری بر اساس مدل تحلیل سلسله‌مراتبی

یافته‌های تحقیق

جدول ۳؛ مقادیر امتیاز منتسب به هر معیار را بر اساس هدف تولید(A) ، همراه با امتیاز اختصاص داده شده به هر روش تولید با توجه به معیار مربوطه (C) را نشان‌می‌دهد. علاوه براین، جدول ۴؛ خلاصه‌ای از نمرات هر روش تولید را با در نظر گرفتن تمام معیارهای ارزیابی شده ارائه می‌دهد.

جدول ۳– وزن هر جایگزین با توجه به معیار و وزن هر معیار با توجه به هدف اصلی

معیار	امتیاز معیار نسبت به هدف	جایگزین	ناسازگاری		A		امتیاز جایگزین نسبت به معیار		C
پایداری تولید	۰/۱۹۶	بایولیچینگ تانک بایولیچینگ دامپ بایولیچینگ حوضچه‌ای بایولیچینگ پشته‌ای بایولیچینگ درجا	۱/۰۱	X	۰/۱۹۶	=	۰/۴۴۳ ۰/۱۵۵ ۰/۲۴۵ ۰/۱۱۲ ۰/۰۴۴		۰/۰۸۶۸۲۸ ۰/۰۳۰۳۸ ۰/۰۴۸۰۲ ۰/۰۲۱۹۵۲ ۰/۰۰۸۶۲۴ ۰/۱۹۶
بهره‌وری	۰/۱۱۳	بایولیچینگ تانک بایولیچینگ دامپ بایولیچینگ حوضچه‌ای بایولیچینگ پشته‌ای بایولیچینگ درجا	۰/۰۲	X	۰/۱۱۳	=	۰/۰۴۳۰ ۰/۱۵۴ ۰/۲۵۹ ۰/۱۲۳ ۰/۰۳۴		۰/۰۴۸۵۹ ۰/۰۱۷۴۰۲ ۰/۰۲۹۲۶۷ ۰/۰۱۳۸۹۹ ۰/۰۰۳۸۴۲ ۰/۱۱۳
مقیاس‌پذیری	۰/۰۶۹	بایولیچینگ تانک بایولیچینگ دامپ بایولیچینگ حوضچه‌ای بایولیچینگ پشته‌ای بایولیچینگ درجا	۰/۰۳	X	۰/۰۶۹	=	۰/۰۹۵ ۰/۲۱۷ ۰/۱۸۱ ۰/۴۱۵ ۰/۰۹۲		۰/۰۰۶۵۵۵ ۰/۰۱۴۹۷۳ ۰/۰۱۲۴۸۹ ۰/۰۲۸۶۳۵ ۰/۰۰۶۳۴۸ ۰/۰۶۹
نوآوری	۰/۱۷۷	بایولیچینگ تانک بایولیچینگ دامپ بایولیچینگ حوضچه‌ای بایولیچینگ پشته‌ای بایولیچینگ درجا	۰/۰۳	X	۰/۱۱۷	=	۰/۵۱۴ ۰/۱۱۹ ۰/۲۰۷ ۰/۱۲۲ ۰/۰۳۸		۰/۰۹۰۹۷۸ ۰/۰۲۱۰۶۳ ۰/۰۳۶۶۳۹ ۰/۰۲۱۵۹۴ ۰/۰۰۶۷۲۶ ۰/۱۷۷
سوددهی	۰/۱۷۰	بایولیچینگ تانک بایولیچینگ دامپ بایولیچینگ حوضچه‌ای بایولیچینگ پشته‌ای بایولیچینگ درجا	۰/۰۳	X	۰/۱۷۰	=	۰/۱۸۱ ۰/۲۲۸ ۰/۱۷۲ ۰/۳۵۶ ۰/۰۶۲		۰/۰۳۰۷۷ ۰/۰۳۸۷۶ ۰/۰۲۹۲۴ ۰/۰۶۰۵۲ ۰/۰۱۰۵۴ ۰/۱۷
امکان‌سنجی	۰/۲۷۶	بایولیچینگ تانک بایولیچینگ دامپ بایولیچینگ حوضچه‌ای بایولیچینگ پشته‌ای بایولیچینگ درجا	۰/۰۰۴		۰/۲۷۶		۰/۳۷۱ ۰/۱۷۹ ۰/۲۵۰ ۰/۱۳۷ ۰/۰۶۲		۰/۱۰۲۳۹۶ ۰/۰۴۹۴۰۴ ۰/۰۶۹ ۰/۰۳۷۸۱۲ ۰/۰۱۷۱۱۲ ۰/۲۷۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۴– امتیازهای نهایی تکنولوژی‌های مورد بررسی با در نظر گرفتن هدف اصلی

تکنولوژی	پایداری تولید	وری‌بهره	مقیاس‌پذیری	نوآوری	سوددهی	سنجی‌امکان	هدف
بایولیچینگ تانک	۰/۰۸۶۸۲۸	۰/۰۴۸۵۹	۰/۰۰۶۵۵۵	۰/۰۹۰۹۷۸	۰/۰۳۰۷۷	۰/۱۰۲۳۹۶	۰/۳۶۶۱۱۷
بایولیچینگ دامپ	۰/۰۳۰۳۸	۰/۰۱۷۴۰۲	۰/۰۱۴۹۷۳	۰/۰۲۱۰۶۳	۰/۰۳۸۷۶	۰/۰۴۹۴۰۴	۰/۱۷۱۹۸۲
بایولیچینگ حوضچه‌ای	۰/۰۴۸۰۲	۰/۰۲۹۲۶۷	۰/۰۱۲۴۸۹	۰/۰۳۶۶۳۹	۰/۰۲۹۲۴	۰/۰۶۹	۰/۲۲۴۶۵۵
بایولیچینگ پشته‌ای	۰/۰۲۱۹۵۲	۰/۰۱۳۸۹۹	۰/۰۲۸۶۳۵	۰/۰۲۱۵۹۴	۰/۰۶۰۵۲	۰/۰۳۷۸۱۲	۰/۱۸۴۴۱۲
بایولیچینگ درجا	۰/۰۰۸۶۲۴	۰/۰۰۳۸۴۲	۰/۰۰۶۳۴۸	۰/۰۰۶۷۲۶	۰/۰۱۰۵۴	۰/۰۱۱۲	۰/۰۴۷۲۸
مجموع	۰/۱۹۶	۰/۱۱۳	۰/۰۶۹	۰/۱۷۷	۰/۱۷	۰/۲۷۶	۱

پس از ارزیابی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، مشخص می‌شود که فناوری بایولیچینگ تانک برجسته‌ترین انتخاب به‌عنوان انتخاب بهینه در راستای اهداف شرکت بابک مس است. این ارزیابی نشان‌می‌دهد که کارشناسان این شرکت مناسب‌ترین فناوری را در طول راه‌اندازی خط تولید کاتد مس انتخاب کرده‌اند که به‌خوبی با اهداف برندسازی سبز شرکت همخوانی دارد. امتیاز محاسبه‌شده فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای بایولیچینگ تانک، ۰/۳۶۶۱۱۷، به وضوح از این ایده حمایت می‌کند که فناوری انتخاب شده هماهنگ با مأموریت اصلی شرکت است. از طریق بررسی ادبیات موجود، بایولیچینگ با توجه به ملاحظات تجاری و پایداری آن، به‌عنوان انتخاب ارجح زیست‌محیطی برای استخراج مس در مقابل گزینه‌هایی مانند هیدرو متالورژی و پیرو متالورژی برجسته می‌شود. مرحله بعدی، شامل ارزیابی روش‌های مختلف بایولیچینگ است که همگی از طریق تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام می‌شوند. در نهایت، نتایج ارزیابی بر اجحیت فناوری بایولیچینگ تانک با امتیاز ۰/۳۶۶۱۱۷، به‌عنوان بهترین انتخاب دلالت می‌کند که به‌طور یکپارچه با اهداف کلی شرکت بابک‌مس ایرانیان همسو است. این انتخاب بر تعهد این شرکت نه‌تنها به تولید کارآمد و سودآور مس بلکه بر نظارت بر محیط‌زیست و مسئولیت اجتماعی تأکید می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله از طریق مرور ادبیات موجود در مورد نام تجاری سبز، فناوری پایدار و استراتژی‌های انتخاب فناوری، با مطالعه موردی انتخاب فناوری در شرکت بابک‌مس ایرانیان به بررسی تعامل بین هدف برندسازی سبز و استراتژی انتخاب فناوری با معرفی معیارهای کلیدی در ارزیابی فناوری پرداخته‌است. با بررسی شرکت مذکور که برند سبز را به‌عنوان یک هدف اصلی انتخاب کرده است، این تحقیق به ارزیابی جامعی از انتخاب فناوری تولید کاتد مس و همسویی آن با آرمان‌های نام تجاری سبز می‌پردازد. برای تسهیل ارزیابی جایگزین‌های تولید، این مطالعه یک چارچوب جامع را با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی معرفی کرده است که انتخاب این روش ریشه در رواج آن در انتخاب فناوری، به‌ویژه در بخش معدن دارد. پس از شناسایی فناوری سبز در حوضه فروشویی سنگ مس که بایولیچینگ نام دارد، این تحقیق با مطالعه ادبیات موجود انواع روش‌های بایولیچینگ را شناسایی کرده و با معیارهای شناسایی‌شده مطابقت هر کدام از روش‌های موجود را با هدف برندسازی سبز بررسی کرد. پس از بررسی روش‌های موجود به‌کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی مشخص گردید بایولیچینگ تانک به‌خوبی با اهداف برندسازی سبز شرکت بابک‌مس ایرانیان مطابقت داشته و این شرکت با انتخاب فناوری بایولیچینگ تانک به‌خوبی اهداف تولید کارآمد و بهره‌ور خود را با اهداف زیست‌محیطی و مسئولیت اجتماعی یکسو کرده است. شایان‌ذکر است فرآیند معرفی شده برای ارزیابی فناوری‌های تولید مختص به صنعت خاصی نبوده و می‌تواند در تمامی صنایع تولیدی مورد استفاده قرار گیرد و این مقاله با معرفی چارچوبی مشخص نشان داد که چگونه در نظر گرفتن اهداف مشخص بر انتخاب تکنولوژی تولید تأثیر می‌گذارند.

از جمله محدودیت‌هایی که این مطالعه با آن مواجه شده‌اند، می‌توان به عدم دسترسی به نیروی کار IBCCO و جوامع محلی اشاره کرد که ارزیابی ابعاد مسئولیت اجتماعی فناوری بایولیچینگ تانک را دشوار می‌سازد. علاوه براین، تولید کاتد مس کمتر ظرفیت اسمی به‌دلیل دسترسی محدود به منابع سنگ مس و عدم اتمام کامل پروژه بایولیچینگ تانک، ارزیابی وضعیت مالی شرکت را در مقایسه با رقبای بین‌المللی محدود می‌کند، که مستلزم بررسی بیشتر است. فرصت‌های تحقیقاتی آینده می‌توانند به بررسی تأثیر پذیرش فناوری سبز بر ارزیابی دارایی‌های نامشهود و مزایای قانونی بپردازند. علاوه براین، بررسی تمایل کسب‌وکارها و دولت‌ها برای پرداخت هزینه بیشتر برای محصولات سبز می‌تواند بینش‌های ارزشمندی ارائه دهد. همچنین ارزیابی پیامدهای بلندمدت کاهش هزینه‌های تولید در روش بایولیچینگ تانک، می‌تواند مورد اکتشاف واقع شود. در نهایت، افزایش توجهات بر نام تجاری سبز در حوزه تولید بر اهمیت روزافزون تولید سبز در صنعت تأکید می‌کند. با این وجود، تشخیص‌این نکته ضروری است که پیشبرد اهداف برندسازی سبز عاری از چالش نیست و در برخی موارد، ممکن است باعث مبادله‌ای بین سودآوری و پایداری شود. با این وجود، این مطالعه نشان‌می‌دهد که شرکت‌ها می‌توانند به‌طور مؤثر اهداف زیست‌محیطی و سبز را در کنار اهداف اصلی کسب‌وکار خود ادغام کنند که نشان‌دهنده رویکردی مترقی برای مقابله با ضرورت فزاینده تولید سبز در صنعت است.

منابع

Ali, T., Nahian, A. J., & Ma, H. (2020). A hybrid multi-criteria decision-making approach to solve renewable energy technology selection problem for Rohingya refugees in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, *273*, 122967. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122967

Ananda, J., & Herath, G. (2009). A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics*, *68*(10), 2535–2548. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.010

Aziz, N. F., Sorooshian, S., & Mahmud, F. (2016). MCDM-AHP method in decision making. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *11*(11), 7217–7220. http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0616_4416.pdf

Babatunde, O. M., Munda, J. L., & Hamam, Y. (2019). Selection of a hybrid renewable energy systems for a low-income household. *Sustainability*, *11*(16), 1–24. https://doi.org/10.3390/su11164282

Bag, S., & Pretorius, J. H. C. (2022). Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*, *30*(4), 864–898. https://doi.org/10.1108/IJOA-04-2020-2120

Barrera, F., & Segura, M. (2022). Sustainable Technology Supplier Selection in the Banking Sector. 1–21.

Bhardwaj, M. (2021). The Advantages and Disadvantages of Green Technology. *Journal of Basic and Applied Engineering Research*, 1957–1960. https://doi.org/10.3390/math10111919

Bulkeley, H., & Betsill, M. M. (2005). Rethinking sustainable cities: Multilevel governance and the "urban" politics of climate change. *Environmental Politics*, *14*(1), 42–63. https://doi.org/10.1080/0964401042000310178

Chen, Y., Lai, S., & Wen, C. (2006). The Influence of Green Innovation Performance on Corporate Advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, 331–339. https://doi.org/10.1007/s10551-006-9025-5

Chen, Y. S. (2010). The drivers of green brand equity: Green brand image, green satisfaction, and green trust. *Journal of Business Ethics*, *93*(2), 307–319. https://doi.org/10.1007/s10551-009-0223-9

Delgado-Ballester, E., & Munuera-Alemán, J. L. (2005). Does brand trust matter to brand equity? *Journal of Product and Brand Management*, *14*(3), 187–196. https://doi.org/10.1108/10610420510601058

Devasia, P., & Natarajan, K. A. (2004). Bacterial Leaching Biotechnology in the Mining Industry. *Resonance*, *9*(8), 27–34. http://dx.doi.org/10.1007/BF02837575

Dierdorff, E. C., Norton, J. J., Drewes, D. W., Kroustalis, C. M., Rivkin, D., & Lewis, P. (2009). Greening of the World of Work: Implications for O*NET-SOC and New and Emerging Occupations. *The National Center for O*NET Development, Washington, DC.* https://www.onetcenter.org/dl_files/Green.pdf

Durak, İ., Arslan, H. M., & Özdemir, Y. (2021). Technology Analysis & Strategic Management Application of AHP – TOPSIS methods in technopark selection of technology companies: Turkish case technology companies: Turkish case. *Technology Analysis & Strategic Management*. https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1925242

Fernando, Y., Chiappetta Jabbour, C. J., & Wah, W. X. (2019). Pursuing green growth in technology firms through the connections between environmental innovation and sustainable business performance: Does service capability matter? *Resources, Conservation and Recycling*, *141*(September 2018), 8–20. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.031

Fernando, Y., Jose, C., Jabbour, C., & Wah, W. (2019). Resources, Conservation & Recycling Pursuing green growth in technology firms through the connections between environmental innovation and sustainable business performance: Does service capability matter? *Resources, Conservation & Recycling*, *141*(July 2018), 8–20. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.031

Freze, T., & Nurova, O. (2021). Green brands and sustainable entrepreneurship. *E3S Web Conf*, 04007, 1–7. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125004007

Gao, X., Jiang, L., Mao, Y., Yao, B., & Jiang, P. (2021). Progress, Challenges, and Perspectives of Bioleaching for Recovering Heavy Metals from Mine Tailings. *Adsorption Science and Technology*, *2021*. https://doi.org/10.1155/2021/9941979

GhasemiNasab, K. (2021, May 25). *AHP method in Decision Making*. Linkedin. https://www.linkedin.com/pulse/ahp-method-decision-making-kimia-ghaseminasab/ (assessed by 9/15/2023)

Gul, M., Celik, E., Aydin, N., Taskin Gumus, A., & Guneri, A. F. (2016). A state of the art literature review of VIKOR and its fuzzy extensions on applications. *Applied Soft Computing Journal*, *46*, 60–89. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.04.040

Hermann, R. R., Mosgaard, M., & Kerndrup, S. (2016). The function of intermediaries in collaborative innovation processes: Retrofitting a Danish small island ferry with green technology. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, *10*(4), 361–383. https://doi.org/10.1504/IJISD.2016.079581

Ilangkumaran, M., Sasirekha, V., Anojkumar, L., Sakthivel, G., Boopathi Raja, M., Ruban Sundara Raj, T., Siddhartha, C., Nizamuddin, P. and Praveen Kumar, S. (2013). Optimization of wastewater treatment technology selection using hybrid MCDM, *Management of Environmental Quality*, Vol. 24 No. 5, pp. 619-641. https://doi.org/10.1108/MEQ-07-2012-0053

Ismail Durak, Hakan Murat Arslan & Yahya Özdemir (2022). Application of AHP–TOPSIS methods in technopark selection of technology companies: Turkish case, *Technology Analysis & Strategic Management*, 34:10, 1109-1123, https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1925242

Kaa, G. Van De, Rezaei, J., Kamp, L., & Winter, A. De. (2014). Photovoltaic technology selection: A fuzzy MCDM approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *32*, 662–670. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.044

Kaksonen, A. H., Boxall, N. J., Gumulya, Y., Khaleque, H. N., Morris, C., Bohu, T., Cheng, K. Y., Usher, K. M., & Lakaniemi, A. M. (2018). Recent progress in biohydrometallurgy and microbial characterisation. *Hydrometallurgy*, *180*, 7–25. https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.06.018

Khaira, A., & Dwivedi, R. K. (2018). ScienceDirect A State of the Art Review of Analytical Hierarchy

Process. *Materials Today: Proceedings*, *5*(2), 4029–4035. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.663

Khandelwal, U., Tripathi, V., & Gupta, A. (2021). A Bibliometric Analysis of Green Branding Research from 2000 to 2019. *Vision: The Journal of Business Perspective*, 28(1). https://doi.org/10.1177/09722629211033916

Kursunoglu, S., Ichlas, Z. T., & Kaya, M. (2017). PT. *Hydrometallurgy*. https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2017.05.013

Li, L., Msaad, H., Sun, H., Tan, M. X., Lu, Y., & Lau, A. K. W. (2020). Green innovation and business sustainability: New evidence from energy intensive industry in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21), 1–18. https://doi.org/10.3390/ijerph17217826

Manjunath, G. (2014). Green Branding: An Analysis. *Asia Pacific Journal of Marketing & Management Review*, *3*(1), 67–70. https://papers.ssrn.com/abstract=3358315

Mourad, M., Serag, Y., & Ahmed, E. (2012). Perception of green brand in an emerging innovative market. *European Journal of Innovation Management*, *1999*. https://doi.org/10.1108/14601061211272402

Nallusamy, S., Sri Lakshmana Kumar, D., Balakannan, K., & Chakraborty, P. S. (2015). MCDM Tools Application for Selection of Suppliers in Manufacturing Industries Using AHP, Fuzzy Logic and ANN. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 19, 130–137. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.19.130

Nurmi .P. (2017). Green Mining - A Holistic Concept for Sustainable and Acceptable Mineral Production. *Annals of Geophysics*, 1–7. https://doi.org/10.4401/ag-7420

Omkarprasad S. Vaidya, Sushil Kumar, (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1–29. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028

Parker, B., Segev, S., & Pinto, J. (2010). What it means to go green: Consumer perceptions of green brands and dimensions of "greenness"o *American Academy of Advertising*, *1999*, 99–111. https://www.jstor.org/stable/43784384

Pourmand, A. (2016). *Tank bioleaching of copper sulfide ores (*European Patent No. EP3034635A1). European Patent Office. https://patents.google.com/patent/EP3034635A1/en

Ren, J., & Lützen, M. (2015). Fuzzy multi-criteria decision-making method for technology selection for emissions reduction from shipping under uncertainties. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *40*, 43–60. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.012

Richter, C., Kalka, H., Myers, E., Nicolai, J., & Märten, H. (2018). Constraints of bioleaching in in-situ recovery applications. *Hydrometallurgy*, *178*, 209–214. https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.04.008

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, *9*(3–5), 161–176. https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8

Shahnazari, A., Ra, M., Rohani, A., Bhushan, B., Ali, M., & Hossien, M. (2020). Identification of effective factors to select energy recovery technologies from municipal solid waste using multi-criteria decision making (MCDM): A review of thermochemical technologies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *40*(February). https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100737

Si, J., Marjanovic-halburd, L., Nasiri, F., & Bell, S. (2016). Assessment of building-integrated green technologies: A review and case study on applications of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method. *Sustainable Cities and Society*, *27*, 106–115. https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.013

Siekelova, A., Podhorska, I., & Imppola, J. J. (2021). Analytic Hierarchy Process in Multiple – Criteria Decision – Making: A Model Example. *SHS Web of Conf*, 90, 01019. https://doi.org/10.1051/shsconf/20219001019

Sitorus, F., Cilliers, J. J., & Brito-Parada, P. R. (2019). Multi-criteria decision making for the choice

problem in mining and mineral processing: Applications and trends. *Expert Systems with Applications*, *121*, 393–417. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.001

Wang, L., Yin, S., Wu, A., & Chen, W. (2020). Synergetic bioleaching of copper sulfides using mixed microorganisms and its community structure succession. *Journal of Cleaner Production*, *245*(xxxx), 118689. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118689

Wang, M., Li, Y., Li, J., & Wang, Z. (2021). Green process innovation, green product innovation and its economic performance improvement paths: A survey and structural model. *Journal of Environmental Management*, *297*(July), 113282. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113282

Williams, C. D. (2011). Green Jobs Training and Placement: A Case Study of the Oakland, California, Green Jobs Corps [Master's thesis, University of Cincinnati]. OhioLINK Electronic Theses and Dissertations Center. http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin1299617808

www.ibcco.midhco.com, (2010a) https://ibcco.midhco.com/fa/page/Policy.html#1 (assessed by 6/2/2023)

www.ibcco.midhco.com, (2010b) https://ibcco.midhco.com/en/about.html (assessed by 6/2/2023)

www.ibcco.midhco.com, (2010c) https://ibcco.midhco.com/en/page/Mission.html (assessed by 6/2/2023)

www.ibcco.midhco.com, (2015) https://ibcco.midhco.com/en/logo.html (assessed by 6/2/2023)

www.midhco.com, (2010) https://www.midhco.com/en/companies/21-Iranian-Babak-Copper-Co.(IBCCO).html (assessed by 6/2/2023)

Xia, D., Zhang, M., Yu, Q., & Tu, Y. (2019a). Developing a framework to identify barriers of Green technology adoption for enterprises. *Resources, Conservation and Recycling*, *143*(October 2018), 99–110. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.12.022

Xia, D., Zhang, M., Yu, Q., & Tu, Y. (2019b). Resources, Conservation & Recycling Developing a framework to identify barriers of Green technology adoption for enterprises. *Resources, Conservation & Recycling*, *143*(December 2018), 99–110. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.12.022

Xie, X., Huo, J., & Zou, H. (2019). Green process innovation, green product innovation, and corporate financial performance: A content analysis method. *Journal of Business Research*, *101*(June 2018), 697–706. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.010

Yacob, P., Wong, L. S., & Khor, S. C. (2019). An empirical investigation of green initiatives and environmental sustainability for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *30*(1), 2–25. https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2017-0153

Yin, S., Wang, L., Kabwe, E., Chen, X., Yan, R., An, K., Zhang, L., & Wu, A. (2018). Copper bioleaching in China: Review and prospect. *Minerals*, *8*(2). https://doi.org/10.3390/min8020032

Yousefzadeh, S., Yaghmaeian, K., Hossein, A., & Nasseri, S. (2019). Comparative analysis of hydrometallurgical methods for the recovery of Cu from circuit boards: Optimization using response surface and selection of the best technique by two-step fuzzy AHP-TOPSIS method. *Journal of Cleaner Production*, *xxxx*, 119401. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119401

Zyoud, S. H., & Fuchs-Hanusch, D. (2017). A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. *Expert Systems with Applications*, *78*, 158–181. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.016