علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

انتخاب گزینه مناسب جهت بازسازی معدن شن و ماسه جوبن با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی FTOPSIS در جهت ایجاد توسعه پایدار در منطقه

محسن صفری[1*]

msafari@birjandut.ac.ir

احمد آریافر[2]

سینا علی‌نژاد[3]

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۳ **تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۱۳**

چکیده

زمینه و هدف: امروزه به دلیل ازدیاد جمعیت استفاده بهینه از زمین اهمیت فراوانی یافته است. در نواحی معدنی، محدوده وسیعی در نتیجه معدن‌کاری تحت اشغال قرار می‌گیرد که گاهی به چندین هکتار هم می‌رسد. سطح تخریب معادن و عوارض جانبی زیست محیطی با افزایش اندازه و ظرفیت معادن بیشتر می‌شود. از طرفی هم محصولات معدنی و هم منابع طبیعی و محیط زیست مورد نیاز بشر می‌باشند و نمی‌توان یکی را فدای دیگری کرد. بنابراین راه معقول برای حل مشکل تعامل بین این دو بخش، حفظ توازن و توسعه پایدار است. احیا و بازسازی سطح زمین‌هایی که پس از استخراج معادن به‌صورت گسترده و نامحدود باقی‌مانده‌اند؛ در رسیدن به هدف بزرگ توسعه پایدار می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود. لذا هذف از این تحقیق، انتخاب گزینه مناسب بازسازی معدن شن و ماسه جوبن با در نظر گرفتن پتانسیل-های منطقه جهت رسیدن به هدف توسعه پایدار می باشد.

روش بررسی: در این تحقیق ابتدا کارهای صورت گرفته جهت بازسازی معادن مشابه مطالعه شد سپس با بررسی پتانسیل‌های منطقه، گزینه‌های مختلفی برای بازسازی معدن پیشنهاد شد. در ادامه ، هر یک از گزینه‌ها بر اساس معیارهای مختلف مانند توپوگرافی، شیب، جنس خاک، مالکیت، راه دسترسی، انگیزه بهره‌برداران و ... مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه جهت بازسازی معدن از روش شباهت به گزینه ایده آل فازی (FTOPSIS) استفاده شد.

یافته‌ها: با توجه به اینکه تصمیم گیری در مورد انتخاب یک گزینه مناسب جهت بازسازی معدن یک مسئله چند معیاره می‌باشد و معیارها در تعارض با یکدیگرند. از طرفی در مسائل تصمیم‌گیری تفکرات انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم-گیری تاثیرگذار است. استفاده از روش FTOPSIS که تمام این شاخص‌ها را در نظر می‌گیرد. بسیار موثر واقع شد.

---

۱ - مربی، گروه مهندسی معدن دانشگاه صنعتی بیرجند[*](مسوول مکاتبات)

۲ - دانشیار، گروه مهندسی معدن دانشگاه بیرجند

۳ - دانش‌آموخته دوره کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه بیرجند

بحث و نتیجه گیری: احیای زمین و بازسازی محیط زیست یک راه مؤثر برای استفاده از منابع زمین از لحاظ اقتصادی است و به هماهنگی بین مردم و زمین در منطقه معدن کمک می‌کند. احیای موفق و پایدار به یک رویکرد میان رشته‌ای که منجر به یک طرح یکپارچه و مؤثر برای احیای شرایط زیست‌محیطی، هیدرولوژیکی، زیبایی و تفریحی شود نیاز دارد. لذا لزوم جامع‌نگری در تصمیم‌گیری و بهره‌گیری از افراد مختلف با مشاغل، تخصص‌ها، تجربیات، سوابق و دیدگاه‌های علمی گوناگون، همراه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم-گیری چند معیاره فازی می‌تواند بسیار موثر واقع شود؛ لذا در این مقاله جهت تعیین گزینه مناسب بازسازی، با بررسی عوامل زیربنایی مؤثر در بازسازی و استفاده از منابع علمی مختلف، از بین هفت گزینه پیشنهاد شده با در نظر گرفتن ۱۷ معیار مؤثر، گزینه ایجاد منطقه تجاری به عنوان گزینه مناسب انتخاب شد.

واژه های کلیدی: بازسازی معدن، محیط زیست، FTOPSIS، معدن شن و ماسه، توسعه پایدار.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.5, July, 2020

Selection of the Appropriate Alternative for the Jubon Sand Mine Reclamation by Using FTOPSIS Method for Sustainable Development in the Region

Mohsen Safari[1*]
msafari@birjandut.ac.ir
Ahmad Aryafar [2]
Sina Alinejad [3]

Admission Date: June 3, 2018 Date Received: July 25, 2017

Abstract

Background and Objective: Nowadays, due to population growth, the optimal use of land is a paramount importance. For example, in mining areas, a large area is occupied for the mining purpose which sometimes exceeds several hectares. In this regard, the amount of destruction and the environmental harms resulted from mining increases upon the rise of quantity and capacity of mines. On the other hand, since both mineral products and environment are a necessity for humans, one cannot be sacrificed for the other one. So, the logical solution is concurrent development. To this end, the reclamation of areas left after mining could be very effective. Therefore, the purpose of this study is finding a suitable alternative for the reclamation of the Jubon sand mine, by taking into account the potentials of the region to achieve the goal of sustainable development.

Method: In this research, firstly the (previous) works done for the reclamation of similar mines were studied, then by examining the potentials of the region, different alternative for mine reclamation were proposed. Then, each of the alternatives was evaluated based on different criteria such as topography, slope, soil type, ownership, access road, beneficiary's motivation and etc. Finally, in order to select the most appropriate alternative for mine reconstruction method of Similarity to Fuzzy Ideal Solution (FTOPSIS) was used.

Findings: Given that deciding on a suitable alternative for mine reclamation is a multi-criteria issue and the criteria are in conflict with each other. On the other hand, in decision-making issues, human thoughts are associated with uncertainty, and this uncertainty influenced the process of decision-making. The FTOPSIS method which takes into account all the indicators were very effective.

Discussion and Conclusions: Land reclamation and environmental regeneration is an effective way to use land resources economically and help to coordinate people and land in the mining area. Successful and sustainable reclamation requires an interdisciplinary approach that leads to an integrated and effective plan to rehabilitate environmental, hydrological, aesthetic and recreational conditions. Therefore, the need for holistic approach in decision-making and the use of different people with different jobs, specialties, experiences, backgrounds and scientific perspectives, along with the use of multi-criteria fuzzy decision-making techniques can be very effective. Therefore, in this article, in

1 - Faculty Member, Department of Mining Engineering, Birjand University of Technology, Birjand, Iran * (Corresponding Author)
2- Associate professor, Department of Mining, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran
3- M. Sc Graduated of Mining Engineering University of Birjand, Birjand, Iran

order to determine the appropriate alternative for reconstruction by examining the effective infrastructure factors in reclamation and the use of various scientific resources, among the seven proposed alternatives, considering 17 effective criteria, the alternative of creating a business area was selected as a suitable option.

Key Words: Mine Reclamation, Environment, FTOPSIS, Jubon Sand Mine, Sustainable Developmen.

مقدمه

منابع معدنی مواد ضروری تولید صنعتی و کشاورزی و توسعه اقتصادی و اجتماعی است. از یک سو، بهره‌برداری از منابع معدنی، انرژی و مواد اولیه را برای توسعه اقتصاد ملی فراهم می‌کند (۱)، اما از سوی دیگر، بهره‌برداری از معادن به ویژه روش‌های استخراج سطحی معادن چنانچه بدون برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح زیست‌محیطی انجام گیرد، می‌تواند آسیب‌های شدیدی برای محیط زیست منطقه پدید آورد (۲). معادن سطحی منظره طبیعی زمین و اکوسیستم را با از بین بردن پوشش گیاهی و خاک تغیر می‌دهند (۳) و باعث مشکلات عمده زیست‌محیطی مانند جا به جایی لایه‌های خاک و اثر بر پوشش گیاهی و جانوری، تولید زهاب اسیدی، تغییرات توپوگرافی، آلاینده‌های هوا، مواد سمی نظیر سیانور، آلودگی صوتی و باطله‌های معدنی دفع شده در رودخانه‌ها یا دریاچه‌ها می‌شوند. این مشکلات می‌توانند موجب تخریب محیط زیست، اکولوژیک (پوشش گیاهی و جانوران) و همچنین ایجاد پیامدهای کوتاه مدت و بلند مدت اقتصادی- اجتماعی شوند (۴). معادن شن و ماسه نیز از این قاعده مستثنی نیستند و استخراج معادن شن و ماسه همانند سایر معادن، باعث مشکلات زیست محیطی در مناطق اطراف معدن می‌شود. همچنین بخاطر وابستگی شدیدی که بین عناوینی مانند "کشاورزی، روستاها و کشاورزان" و "معدن‌کاری، معادن، معدنکاران و شهر معدنی" می‌باشد (۱)، احیای زمین و بازسازی محیط زیست یک راه مؤثر برای استفاده از منابع زمین از لحاظ اقتصادی است و به هماهنگی بین مردم و زمین در منطقه معدن کمک می‌کند. لذا این بسیار مهم است که یک محیط آشفته معدنی به یک حالت پایدار و ثابتی از لحاظ زیست‌محیطی برسد تا یک محیط آلوده را به نسل‌های بعدی منتقل نکنیم. با این‌حال، یک زمین آشفته را اگر به حال خود رها کنیم پس از سال‌های طولانی به حالت پایدار و مناسبی ازلحاظ زیست‌محیطی نخواهد رسید. در این مدت این نوع زمین‌ها برای احیا نیاز به کمک انسان‌ها دارند؛ بنابراین پس از استخراج، این احیاکنندگان هستند که باهدف رسیدن به محیط پایدار از لحاظ زیست‌محیطی، اقتصادی و زیباسازی تلاش می‌کنند (۵). به این ترتیب علاوه بر حفظ محیط زیست، زمین‌هایی به چرخه تولید باز می‌گردند. از سوی دیگر، احیای مناظر و مناطق پس از استخراج یک کار بسیار چالش برانگیز است، زیرا هیچ طرح احیای منحصر به فردی برای چنین مناظر و مناطقی وجود ندارد و این طرح‌ها به شدت به ویژگی‌های خاص سایت بستگی دارد؛ بنابراین، احیای موفق و پایدار به یک رویکرد میان رشته‌ای که منجر به یک طرح یکپارچه و مؤثر برای احیای شرایط زیست‌محیطی، هیدرولوژیکی، زیبایی و تفریحی شود نیاز دارد. تاکنون گزینه‌های متفاوتی توسط خبرگان رشته‌های معماری منظر، مهندسی محیط زیست و معدن، جنگل‌داری، باستان‌شناسی و علوم اجتماعی ارائه شده است (۶). تاریخچه طولانی مدت فعالیت‌های معدنی و بازسازی موفق سایت‌های تخریب‌شده نشان می‌دهد که از دیدگاه فنی و مدیریتی، جمع‌کردن تجهیزات، بستن و بازسازی معدن به یک برنامه‌ریزی دقیق با در نظر گرفتن اولویت انجام هر یک از مراحل برنامه‌ریزی نیاز است (۷). تعیین گزینه بازسازی مناسب یکی از کلیدی‌ترین گام‌های احیای معدن در کشورهای پیشرفته بوده و در سطوح راهبردی تصمیم‌گیری قرار دارد. نتایج این تصمیم‌گیری در درازمدت اثرات به سزایی از بعد اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و فنی خواهد داشت. از جنبه‌های درون‌سازمانی تأثیر مستقیم آن به سودرسانی مجدد معدن

بسته‌شده پس از بازسازی و احیا مجدد است و از بعد برون‌سازمانی در یک منطقه می‌تواند شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، محیط زیستی... را تحت تأثیر قرار دهد. بر این اساس لازم است پس از پایان معدن‌کاری در یک منطقه نسبت به بازسازی محیط راهکار مناسب انتخاب شود که استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره به خصوص چند معیاره فازی می‌تواند کمک شایانی به حل این گونه مسائل کند (۸). در این تحقیق جهت انتخاب گزینه مناسب برای بازسازی معدن شن و ماسه جوبن از روش FTOPSIS که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی می‌باشد، استفاده شده است. در چند سال اخیر از علوم تصمیم‌گیری برای تعیین و انتخاب گزینه‌های بازسازی معادن استفاده شده است و مطالعات مختلفی در همین راستا در بخش‌های مختلف صنعت و معدن در داخل و خارج کشور انجام یافته و به چاپ رسیده که به بخشی از آن‌ها در جدول ۱ اشاره شده است. در اکثریت مطالعات انجام یافته در زمینه انتخاب گزینه بازسازی معادن تعداد معیار و گزینه کمی در نظر گرفته شده است و تصمیم-گیری گروهی و استفاده از نظرات کارشناسان مختلف لحاظ نشده است. در مقاله حاضر علاوه بر در نظر گرفتن معیارها و گزینه‌های زیاد (۱۷ معیار و ۷گزینه)، از نظرات کارشناسان با تخصص‌های مختلف در قالب تصمیم‌گیری گروهی فازی استفاده شده است.

جدول ۱- مطالعات انجام یافته در مورد بازسازی

Table 1. Studies on reclamation

محققان	موضوع
استوکی و همکاران، ۱۹۸۰ (۹)	بازسازی معادن دارای خاک اسیدی با لجن فاضلاب
گان و همکاران، ۱۹۹۲ (۱۰)	احیای مجدد زمین به عنوان یک روش برای بازسازی معادن سنگ آهک
گان و بایلی، ۱۹۹۳ (۱۱)	استخراج سنگ آهک و بازسازی معادن سنگ آهک در بریتانیا
الکساندر، ۱۹۹۶ (۱۲)	اثربخشی کشاورزی غرقابی در مقیاس کوچک در بازسازی زمین معدن رس در فلات جزیره نیجریه
یاندت و همکاران، ۲۰۰۲ (۱۳)	بازسازی معادن سنگ ساختمانی- صخره ها و محیط زیست
پاسکه و همکاران، ۲۰۰۳ (۱۴)	زیست‌شناسی و کاشت بوته‌های کوهی در خرابه‌های معدن‌کاری
اصانلو و پارسایی، ۱۳۸۲ (۱۵)	بازسازی معدن مس سرچشمه
بانگیان و پیروزنیا، ۱۳۸۶ (۱۶)	انتخاب گونه‌های گیاهی در بازسازی معادن به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه‌ی موردی معدن مس سونگون
اکبری و همکاران، ۲۰۰۷ (۱۷)	انتخاب نوع کاربری زمین پس از معدن‌کاری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی-معدن روباز مس سونگون
لوو و همکاران، ۲۰۰۷ (۱۸)	مانیتورینگ رشد گیاهان تحت تأثیر بهره‌برداری زغال سنگ در معدن زغال سنگ بولیانتا با استفاده از سنجش از دور
بانگیان و اصانلو، ۲۰۰۸ (۱۹)	مدل تصمیم‌گیری چند هدفه برای انتخاب گونه‌های گیاهی در برنامه‌های بازسازی معدن: مطالعه موردی معدن مس سونگون
هندری چووا، ۲۰۰۸ (۲۰)	موفقیت بازسازی در زمینه‌های پس از معدن در جمهوری چک

سلطان‌محمدی و همکاران، ۲۰۱۰ (۲۱)	رویکرد تحلیلی با یک منطق قابل اعتماد و یک سیاست رتبه‌بندی برای تعیین کاربری زمین بعد از معدن‌کاری
علوی و همکاران، ۱۳۸۹ (۲۲)	انتخاب گونه گیاهی مناسب برای بازسازی معدن مس سرچشمه به روش AHP فازی
علوی و همکاران، ۱۳۹۰ (۲۳)	مقایسه روش‌های AHP فازی و TOPSIS فازی برای انتخاب و کاشت گونه‌های گیاهی بومی (مطالعه موردی: مس سرچشمه)
علوی و همکاران، ۲۰۱۱ (۲۴)	انتخاب بهترین گونه‌های گیاهی برای بازسازی معدن مس سرچشمه و معدن سنگ آهن چغارت با استفاده از روش AHP فازی
علوی و همکاران، ۲۰۱۱ (۲۵)	مقایسه روش‌های AHP فازی و TOPSIS فازی برای انتخاب گونه‌های گیاهی (مطالعه موردی: مس سونگون)
هو و همکاران، ۲۰۱۲ (۱)	بازسازی زیست محیطی معادن رها شده در چین
علوی و همکاران، ۱۳۹۲ (۲۶)	انتخاب گونه گیاهی مناسب برای بازسازی معدن مس سرچشمه به روش TOPSIS فازی
اسکوزن و همکاران، ۲۰۱۳ (۲۷)	بازسازی زمین‌های معدن‌کاری شده با علف برای تولید سوخت زیستی
علوی و همکاران، ۱۳۹۳ (۲۸)	استفاده از روش AHP فازی برای انتخاب گونه‌های گیاهی در طرح بازسازی معدن مس سونگون منطقه ارسباران
حاج کاظمیها و همکاران، ۱۳۹۳ (۲۹)	اولویت‌دهی معیارهای بازسازی در خاتمه‌ی فعالیت معدن (مطالعه‌ی موردی: معادن سنگ‌آهن گل‌گهر، سنگان، چادرملو)
بهنیا و همکاران، ۱۳۹۳ (۳۰)	بازسازی زمین‌های استخراج شده با استفاده از پوشش گیاهی در معدن شماره یک سنگ آهن گل گهر سیرجان
اسکوزن و همکاران، ۲۰۱۴ (۳۱)	کاشت و رشد علف و سایر محصولات زیست توده در معادن سطحی
لگوایلا و همکاران، ۲۰۱۵ (۳۲)	بازسازی معادن در انگلیس
اسکالین و همکاران، ۲۰۱۵ (۳۳)	عملکرد کاشت گیاه و علف بر روی معادن سطحی بازسازی شده برای تولید بیو انرژی
علوی و ناصرنیا، ۱۳۹۴ (۳۴)	انتخاب پوشش گیاهی برای احیای محیط زیست معدن مس سونگون، به روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی
محمودی و نجفی، ۱۳۹۵ (۳۵)	بازسازی معادن، حلقه مفقودی توسعه پایدار معادن و منابع طبیعی ایران
پالوگوس و همکاران، ۲۰۱۷ (۸)	انتخاب استفاده بهینه زمین برای بازسازی معادن سطحی با استفاده از الگوهای تکاملی

اهمیت بازسازی

در کشورهای پیشرفته دنیا ازجمله آمریکا، کانادا و استرالیا امروزه برنامه‌ی بستن معدن و بازسازی آن به‌منزله‌ی بخش تفکیک‌نشدنی طرح‌های موفق معدن‌کاری به شمار می‌رود. امروزه احیای سایت معدنی و روش‌های اجرایی آن در این کشورها قانونمند شده و حفاظت از محیط زیست به دلیل برنامه‌ریزی‌های پیشرفته در جلوگیری از آلودگی‌ها، با صرف حداقل هزینه‌ها و گاهی بدون صرف هزینه انجام می‌گیرد (۳۶).

احیا و بازسازی سطح زمین‌هایی که پس از استخراج معادن به‌صورت گسترده و نامحدود باقی‌مانده‌اند؛ در رسیدن به هدف بزرگ توسعه پایدار می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود. همچنین چالش برای بازگرداندن وضعیت اکولوژیکی قبل از استخراج در معادن، منجر به بازگشت و بهبود تنوع اکولوژیکی و گونه‌ای در بالاترین مقیاس می‌شود. کاهش مخاطرات و افزایش ایمنی، احیای زمین‌های تحت تأثیر فعالیت‌های معدنی و منابع آبی،

کاهش آثار محیط زیستی، اطمینان از حفظ منابع محیط زیستی و محیط اجتماعی، اقتصادی منطقه پس از پایان فعالیت‌های معدنی، ایجاد کاربری‌های جدید و ترغیب به استفاده مناسب از منابع انرژی و ضمانت بهره‌برداری پایدار از معادن ازجمله اهداف بازسازی است (۳۷). بازسازی معادن، هم از نظر کاهش آلایندگی و ایجاد زمین‌های هموار و مناسب برای رشد و پرورش گونه‌های گیاهی و جانوری و هم از نظر ایجاد چشم‌انداز و منظره مناسب در منطقه مهم می‌باشد (۱۸). در این شرایط بحرانی اقتصاد جهانی، تولیدکنندگان مواد فلزی و معدنی معادن باید تا جای ممکن از هزینه‌های تولیدی بکاهند. در عین‌حال جامعه نیز برای بهبود شرایط زیست‌محیطی و محیط زیست جهانی، صنعت و تولیدکنندگان را تحت فشار قرار داده است. برای عبور از این بحران حفظ منابع طبیعی و خصوصاً معادن سبز می‌تواند راهکاری مؤثر به حساب آید که بر چهار اصل کاستن از تخریب سرزمین و به‌جای گذاشتن اثرات تخریبی، نوآوری در مدیریت مواد زائد معدنی، مدیریت بحران‌های اکوسیستمی و احیا و نوسازی معادن استوار است (۳۸). در واقع بازسازی، عملیات منفک‌شده و جدا از طراحی، برنامه‌ریزی و استخراج معدن محسوب نمی‌شود، بلکه جزئی از عملیات معدن‌کاری است که از ابتدا هنگام طراحی و برنامه‌ریزی شروع و تا آخرین مرحله از استخراج ادامه می‌یابد. به این ترتیب، علاوه بر حفاظت از محیط زیست، زمین‌هایی به چرخه تولید باز می‌گردد (۱۵). به‌طور کلی، زمین معدن باید اصلاح شود، به‌طوری که در نهایت، استفاده مجدد از زمین معدنی و ساختار سایت معدن و محیط زیست سایت باید باهم سازگار باشند (۲۱).

منطقه مورد مطالعه

معدن شن و ماسه جوبن در استان گیلان در فاصله ۴۷ کیلومتری جنوب شهرستان رشت و ۸ کیلومتری شهر رستم‌آباد در مسیر جاده قدیم رشت_قزوین واقع شده است. فعالیت معدن جوبن با ظرفیت استخراج ۵۰۰ هزار تن در سال، از سال ۱۳۶۳آغاز شده و نزدیک به ۶۰ نفر در این معدن مشغول کار هستند. از لحاظ تقسیم‌بندی سازمان نظام مهندسی معدن ایران، معدن جوبن در گروه اصلی معادن روباز و زیر گروه معدنی مصالح ساختمانی قرار می‌گیرد که نام ماده معدنی اصلی آن واریزه کوهی است. این معدن با مساحتی بالغ بر ۰/۳۱ کیلومتر مربع و در موقعیت جغرافیایی به مختصات "۱۸ □۲۸ ° ۴۹ :E و "۱۴ □۵۲ ° ۳۶ :N واقع شده است. میزان ذخیره احتمالی و قطعی این معدن به ترتیب ۳,۰۰۰,۰۰۰ و۲,۳۸۰,۰۰۰ تن است.

معیارهای موثر در انتخاب گزینه مناسب بازسازی

با توجه به این‌که مطالعه در مورد انتخاب گزینه مناسب برای بازسازی از جهات گوناگون از قبیل ایجاد اشتغال، توسعه پایدار در منطقه، جلوگیری از مهاجرت افراد بومی به شهرها، زیباسازی دوباره‌ی چهره منطقه، جهات فنی و مالی و... حائز اهمیت است، نیاز به شناخت معیارهای مؤثر در این زمینه دارد تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده صحیح و مطلوبی به عمل آید. در این تحقیق با بهره‌گیری از تحقیقات معتبر انجام یافته در این زمینه، ابتدا معیارهای مؤثر در قالب فرم نظر سنجی در اختیار کارشناسان خبره قرار گرفت و با جمع‌بندی نظرات کارشناسان، مهم‌ترین معیارها تعیین شد. که این معیارها عبارت‌اند از: توپوگرافی، شیب، ارتفاع، در معرض خورشید قرار داشتن، فاضلاب، حرارت، نزولات جوی، پوشان سنگ، خواص کشاورزی، خواص مهندسی، موقعیت، دسترسی، اندازه و شکل سایت، شرایط اطراف معدن، مالکیت، نوع و شدت استفاده، خصوصیات مردم بومی و برخورد شرکت با مورد استفاده. برای تعیین گزینه مناسب بازسازی، پس از تعیین عوامل مؤثر در بازسازی، با استفاده از منابع علمی مختلف گزینه‌های قابل استفاده جهت بازسازی این معدن، بررسی و در نهایت با جمع‌بندی نتایج نظرسنجی از خبرگان، هفت گزینه شامل: جنگل‌کاری حیات وحش، جاذبه‌های گردشگری، کشاورزی، واحدهای مسکونی، مؤسسات آموزشی، تجاری و صنعتی پیشنهاد شد.

انتخاب گزینه مناسب بازسازی معدن جوبن با استفاده از روش FTOPSIS

مسئله انتخاب گزینه مناسب جهت بازسازی معدن جوبن در واقع یک مسئله چند معیاره است، زیراکه تعدادی گزینه بر اساس معیارهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش‌های گوناگونی برای کمک به تصمیم‌گیری جهت انتخاب گزینه مناسب بازسازی معدن وجود دارند که می‌توان به روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، دلفی، تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم‌های خبره اشاره کرد. از آن‌جا که در مسائل تصمیم-گیری تفکرات انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم‌گیری تاثیرگذار است، لذا باید از روش‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده کرد. در این مقاله برای انتخاب گزینه مناسب بازسازی معدن شن و ماسه جوبن از روش FTOPSIS که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی می‌باشد، استفاده شده است. در روش FTOPSIS عناصر ماتریس تصمیم‌گیری یا وزن معیارها و یا هر دوی آن‌ها توسط متغیرهای زبانی که توسط اعداد فازی مطابق جداول۲ و ۳ ارائه شده‌اند (۳۹)، ارزیابی شده و بدین ترتیب بر مشکلات روش شباهت به گزینه ایده‌آل کلاسیک غلبه شده است.

جدول۲- متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها

Table 2. Linguistic variables for the importance weight of each criterion

متغیر زبانی	عدد فازی متناظر
خیلی کم(VL)	(۰/۳ , ۰/۱ , ۰)
کم (L)	(۰/۵, ۰/۳, ۰/۱)
متوسط (M)	(۰/۷ , ۰/۵, ۰/۳)
زیاد (H)	(۰/۹ , ۰/۷ , ۰/۵)
خیلی زیاد (VH)	(۱ , ۰/۹ , ۰/۷)

جدول۳- متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها

Table 3. Linguistic variables for alternative ratings

متغیر زبانی	عدد فازی متناظر	
	معیار منفی	معیار مثبت
خیلی بد	(۱۰ , ۹ , ۷)	(۳ , ۱ , ۰)
بد	(۹ , ۷ , ۵)	(۵ , ۳ , ۱)
متوسط	(۷ ,۵ , ۳)	(۷ ,۵ , ۳)
خوب	(۵ , ۳ , ۱)	(۹ , ۷ , ۵)
خیلی خوب	(۳ , ۱ , ۰)	(۱۰ , ۹ , ۷)

روش FTOPSIS، تعمیمی از تکنیک TOPSIS در محیط فازی است. منطق زیربنایی TOPSIS، تعریف راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی است. گزینه بهینه، نزدیکترین گزینه به راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین گزینه از راه‌حل ایده‌آل منفی است. به‌طور خلاصه، راه‌حل ایده‌آل مثبت، ترکیبی از بهترین ارزشهای قابل دسترس معیارهاست (۴۰).

برای انتخاب گزینه مناسب بازسازی معدن شن و ماسه جوبن تعداد ۱۷معیار شامل توپوگرافی ($C_۱$)، شیب ($C_۲$)، ارتفاع ($C_۳$)، فضلاب (زهکشی) ($C_۴$)، نزولات جوی ($C_۵$)، پوشان سنگ ($C_۶$)، خواص کشاورزی ($C_۷$)، خواص مهندسی ($C_۸$)، موقعیت ($C_۹$)، راه‌های دسترسی ($C_{۱۰}$)، مالکیت ($C_{۱۱}$)، شرایط اطراف معدن ($C_{۱۲}$)، اندازه و شکل سایت ($C_{۱۳}$)، نوع و شدت استفاده ($C_{۱۴}$)، خصوصیات مردم بومی ($C_{۱۵}$)، محدودیت‌های قانونی ($C_{۱۶}$) و برخورد شرکت با مورد استفاده ($C_{۱۷}$) و ۷ گزینه شامل جنگل‌کاری (A)، منطقه گردشگری (B)، موسسات آموزشی (C)، منطقه تجاری (D)، کشاورزی (E)، منطقه مسکونی (F) و منطقه صنعتی (G) در قالب پرسشنامه‌ای برای گروه مطالعاتی تهیه و توسط کارشناسان به گزینه‌ها و معیارها امتیاز داده شد و هر یک از گزینه‌ها نیز بر اساس معیار مورد نظر ارزیابی شده و نتایج نهایی ارائه شده است. گروه کارشناسی هدف در سه گروه اعضای هیأت علمی دانشگاه با تخصص‌های مرتبط، کارشناسان معدنی با تجربه بالا و مسئولان و مدیران معدن مورد مطالعه انتخاب شدند. نکته حائز اهمیت این‌که، پرسشنامه یاد شده براساس برآیند نظر کارشناسان تکمیل گردیده است.

برای تعیین گزینه مناسب بازسازی معدن شن و ماسه جوبن با استفاده از روش FTOPSIS به ترتیب زیر عمل می‌شود (۴۱):

گام ۱: تشکیل ماتریس تصمیم فازی

باتوجه به تعداد معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت رابطه ۱ تشکیل می‌شود:

$$\tilde{D}=\begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \dots & \tilde{X}_{1j} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{X}_{i1} & \dots & \tilde{X}_{ij} & \dots & \tilde{X}_{in} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \dots & \tilde{X}_{mj} & \dots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

در این مقاله از اعداد فازی مثلثی استفاده شد، $\tilde{X}_{ij}=(a_{ij},b_{ij},c_{ij})$ عملکرد گزینه i ام (i=1,2,…,m) در رابطه با معیار j ام (j=1,2,…,n) می‌باشد. پس از تعریف اعداد فازی برای متغیرهای زبانی نتایج نظر سنجی‌ها برای رتبه-بندی گزینه‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- رتبه بندی ترکیبی گزینه‌ها (ماتریس تصمیم)

Table 4. Decision matrix

گزینه ها	C_1			C_2			C_3			...	C_{17}		
A	۱	۷/۴۱	۱۰	۱	۰/۵۸	۱۰	۱	۸/۵۰	۱۰	...	۱	۴/۸۳	۱۰
B	۱	۷/۶۶	۱۰	۱	۸/۱۶	۱۰	۱	۸	۱۰	...	۱	۶	۱۰
C	۱	۶/۱۰	۱۰	۱	۵/۵۰	۱۰	۱	۵/۵۰	۱۰	...	۳	۶/۱۶	۱۰
D	۱	۶/۱۶	۱۰	۱	۴/۳۳	۱۰	۱	۴/۹۱	۱۰	...	۳	۶/۸۳	۱۰
E	۱	۶/۹۱	۱۰	۱	۵/۴۱	۱۰	۱	۵/۵۰	۱۰	...	۳	۶/۸۳	۱۰
F	۱	۵/۷۵	۱۰	۱	۴/۸۳	۱۰	۱	۴/۸۳	۱۰	...	۳	۷/۶۰	۱۰
G	۱	۶/۶۶	۱۰	۱	۵/۴۱	۱۰	۱	۵/۰۸	۱۰	...	۳	۷/۷۵	۱۰

گام ۲: تعیین ماتریس وزن معیارها

در این مرحله ضریب اهمیت معیارهای مختلف ، به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود :

$$\tilde{W}=[\tilde{w}_1,\ \tilde{w}_2,\ ...,\ \tilde{w}_n] \quad (۲)$$

برای تعیین وزن معیارها، بر اساس نتایج نظر سنجی‌ها، ماتریس مقایسه زوجی برای معیارها تشکیل و سپس با استفاده از روش بردار ویژه، ماتریس وزن معیارها محاسبه شد که نتایج درجدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- اهمیت ترکیبی معیارها (وزن معیارها)

Table 5. Criteria weight matrix

C_1			C_2			C_3			...	C_{17}		
۰/۳۰	۰/۸۹	۱	۰/۳۰	۰/۸۳	۱	۰/۱۰	۰/۷۰	۱	...	۰/۳۰	۰/۷۵	۱

گام ۳: نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم فازی

زمانی که X_{ij} ها به صورت فازی هستند، مسلما r_{ij}ها نیز فازی خواهند بود. در این مرحله به جای محاسبات پیچیده نرمالیزه-کردن در روش شباهت به گزینه ایده‌آل کلاسیک، تغییر مقیاس خطی برای تبدیل مقیاس معیارهای مختلف به مقیاس قابل مقایسه استفاده می‌شود.

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشند، درایه‌های ماتریس تصمیم نرمالیزه برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط ۳ و ۴ محاسبه می‌شود:

اگر $\tilde{X}_{ij}$ جنبه مثبت داشته باشد:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) \ , \ c_j^* = Max_j\{c_{ij}\} \qquad (۳)$$

اگر $\tilde{X}_{ij}$ جنبه منفی داشته باشد:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right) \ , \ a_j^- = Min_i\{a_{ij}\} \qquad (۴)$$

بنابراین ماتریس تصمیم فازی نرمالیزه $(\tilde{R})$ به صورت رابطه ۵ به دست می‌آید:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m\times n} \qquad i = 1, 2, \ldots, m \ ; \ j = 1, 2, \ldots, n \qquad (۵)$$

و یا:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_{11} & \cdots & \tilde{r}_{1j} & \cdots & \tilde{r}_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{r}_{i1} & \cdots & \tilde{r}_{ij} & \cdots & \tilde{r}_{in} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{r}_{m1} & \cdots & \tilde{r}_{mj} & \cdots & \tilde{r}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۶)$$

که m بیانگر تعداد گزینه‌ها و n بیانگر تعداد معیارها می‌باشد.

نتایج در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- ماتریس نرمالیز شده

Table 6. Normalized decision matrix

گزینه ها	$C_۱$			$C_۲$			$C_۳$			...	$C_{۱۷}$		
A	۰/۱	۰/۷۴	۱	۰/۱	۰/۶۶	۱	۰/۱	۰/۸۵	۱	...	۰/۱	۰/۴۸	۱
B	۰/۱	۰/۷۷	۱	۰/۱	۰/۸۲	۱	۰/۱	۰/۸۰	۱	...	۰/۱	۰/۶۰	۱
C	۰/۱	۰/۶۲	۱	۰/۱	۰/۵۵	۱	۰/۱	۰/۵۳	۱	...	۰/۳	۰/۶۲	۱
D	۰/۱	۰/۶۲	۱	۰/۱	۰/۴۳	۱	۰/۱	۰/۴۹	۱	...	۰/۳	۰/۶۸	۱
E	۰/۱	۰/۶۹	۱	۰/۱	۰/۵۴	۱	۰/۱	۰/۵۵	۱	...	۰/۳	۰/۶۸	۱
F	۰/۱	۰/۵۸	۱	۰/۱	۰/۴۸	۱	۰/۱	۰/۸۳	۱	...	۰/۳	۰/۷۶	۱
G	۰/۱	۰/۶۷	۱	۰/۱	۰/۵۴	۱	۰/۱	۰/۵۱	۱	...	۰/۳	۰/۷۸	۱

گام۴: تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار

با توجه به وزن معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار از ضرب ضریب اهمیت مربوط به هر معیار ($\tilde{w}_j$) در ماتریس نرمالیزشده فازی ($\tilde{R}$) به صورت ماتریس مطابق روابط ۷ و ۸ به دست می‌آید:

$$\tilde{V} = \tilde{r}_{ij} . \tilde{w}_j \qquad (۷)$$

$$V = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \cdots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \cdots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \cdots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۸)$$

که $\tilde{w}_j$ بیان کننده ضریب اهمیت معیار c_j می باشد.

چون اعداد فازی به صورت مثلثی می باشند، برای معیارهای بـا جنبه مثبت و منفی به ترتیب روابط ۹ و ۱۰ را داریم:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} . \tilde{w}_j = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right).(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}.w_{j1}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}.w_{j2}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}.w_{j3}\right) \qquad (۹)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} . \tilde{w}_j = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right).(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}.w_{j1}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}.w_{j2}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}.w_{j3}\right) \qquad (۱۰)$$

با توجه به وزن معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن دار به صورت جدول ۷ به دست می‌آید.

جدول ۷- ماتریس نرمالیز شده وزن‌دار

Table 7. The normalized weighted decision matrix

	$C_۱$			$C_۲$			$C_۳$			...	$C_{۱۷}$		
A	۰/۰۳	۰/۶۶	۱	۰/۰۳	۰/۵۵	۱	۰/۰۱	۰/۵۹	۱	...	۰/۰۳	۰/۳۶	۱
B	۰/۰۳	۰/۶۸	۱	۰/۰۳	۰/۶۸	۱	۰/۰۱	۰/۵۶	۱	...	۰/۰۳	۰/۴۵	۱
C	۰/۰۳	۰/۵۵	۱	۰/۰۳	۰/۴۶	۱	۰/۰۱	۰/۳۷	۱	...	۰/۰۹	۰/۴۶	۱
D	۰/۰۳	۰/۵۵	۱	۰/۰۳	۰/۳۶	۱	۰/۰۱	۰/۳۴	۱	...	۰/۰۹	۰/۵۱	۱
E	۰/۰۳	۰/۶۱	۱	۰/۰۳	۰/۴۵	۱	۰/۰۱	۰/۳۹	۱	...	۰/۰۹	۰/۵۱	۱
F	۰/۰۳	۰/۵۱	۱	۰/۰۳	۰/۴۰	۱	۰/۰۱	۰/۵۸	۱	...	۰/۰۹	۰/۵۷	۱
G	۰/۰۳	۰/۵۹	۱	۰/۰۳	۰/۴۵	۱	۰/۰۱	۰/۳۶	۱	...	۰/۰۹	۰/۵۸	۱

گام ۵: یافتن حل ایده‌آل مثبت فازی و حل ایده‌آل منفی فازی

حل ایده آل فازی و حل ضد ایده آل فازی به ترتیب به صورت روابط ۱۱و ۱۲ تعریف می‌شوند (۴۲):

$$A^* = \{\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, ..., \tilde{v}_n^*\} \ , \ \tilde{v}_i^* = Max_i\{\tilde{v}_{ij}\} \ , \ i = 1,2,...,m \ , \ j = 1,2,...,n \quad (۱۱)$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, ..., \tilde{v}_n^-\} \ , \ \tilde{v}_i^- = Min_i\{\tilde{v}_{ij}\} \ , \ i = 1,2,...,m \ , \ j = 1,2,...,n \quad (۱۲)$$

که $\tilde{v}_j^*$ بهترین مقدار i امین معیار از بین تمام گزینه‌ها و $\tilde{v}_j^-$ بدترین مقدار i امین معیار از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد. گزینه‌هایی که در A^* و A^- قرار می‌گیرند، به ترتیب نشان-دهنده گزینه‌های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند.

حل ایده‌آل فازی بر اساس معیارهای $C_۱$ تا $C_{۱۷}$ به صورت $A^*=\{۱،۱،۱\}$ است.

حل ضد ایده‌آل فازی بر اساس معیارهای $C_۱$ تا $C_{۱۷}$ در جدول ۸ نشان داه شده است.

جدول ۸- حل ضد ایده‌آل فازی

Table 8. The negative ideal solution

	$C_۱$ ،$C_۲$ ،$C_۸$ ،$C_{۱۷}$			$C_۳$ ،$C_۴$ ،$C_۵$ ،$C_۶$ ،$C_۷$ ،$C_{۱۱}$ ،$C_{۱۴}$ ،$C_{۱۵}$			$C_۹$،$C_{۱۰}$ ،$C_{۱۲}$ ،$C_{۱۳}$		
A^-	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹

گام ۶: محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی

فاصله هر گزینه از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی از روابط ۱۳ و ۱۴ قابل محاسبه است:

$$S_i^* = \sum d_v(v_{ij}, v_j^*) \ , \ i = 1,2,...,m \quad (۱۳)$$

$$S_i^- = \sum d_v(v_{ij}, v_j^-) \ , \ i = 1,2,...,m \quad (۱۴)$$

فاصله از حل ایده‌آل برای اعداد فازی مثلثی مثبت و منفی به ترتیب از روابط ۱۵ و ۱۶ محاسبه می‌شود (۴۳) (جدول ۹):

$$d_v(v_{ij}, v_j^*) = \sqrt{\frac{1}{3}(\sum (v_{ij} - v_j^*)^2)} \quad (۱۵)$$

$$d_v(v_{ij}, v_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3}(\sum (v_{ij} - v_j^-)^2)} \quad (۱۶)$$

قابل ذکر است که $d_v(v_{ij}, v_j^*)$ و $d_v(v_{ij}, v_j^-)$ اعداد قطعی هستند.

جدول ۹- فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی

Table 9. The distance from the ideal and the negative ideal solutions

گزینه‌ها	A	B	C	D	E	F	G
S+	۱۰/۷	۱۰/۵	۱۰/۷	۱۰/۴	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۰/۴
S-	۱۰/۴	۱۰/۶	۱۰/۴	۱۰/۶	۱۰/۶	۱۰/۶	۱۰/۶

گام ۷: محاسبه شاخص شباهت

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^*} \; i = 1, 2, ..., m \qquad (۱۷)$$

شاخص شباهت از رابطه ۱۷ محاسبه می‌شود (جدول ۱۰):

جدول۱۰- شاخص شباهت

Table 10. The closeness coefficients

گزینه‌ها	جنگل‌کاری حیات‌وحش A	جاذبه‌های توریستی B	مؤسسات آموزشی C	تجاری D	کشاورزی E	واحد مسکونی F	صنعتی G
شاخص شباهت	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۵۰

گام ۸: رتبه‌بندی گزینه‌ها

در این مرحله با توجه به میزان شاخص شباهت گزینه‌ها رتبه-بندی می‌شوند به‌طوری که گزینه‌های با شاخص شباهت بیشتر در اولویت قرار دارند. همان‌طور که در گام قبل، نتایج ارایه شده در جدول ۱۰ نشان می‌دهد گزینه D یعنی ایجاد منطقه تجاری دارای شاخص شباهت بیشتری نسبت به سایر گزینه‌ها می‌باشد. در نتیجه گزینه D به‌عنوان گزینه مناسب جهت بازسازی نواحی معدن‌کاری شده در منطقه معدن شن و ماسه جوبن انتخاب می‌شود.

بحث و نتیجه گیری

عملیات معدن‌کاری بدون شک نقش زیادی بر محیط زیست دارد، تخریبی که از ناحیه بی توجهی در استحصال معادن و عدم رعایت مسائل محیط زیست در معادن بوجود می‌آید بسیار شدید و نگران‌کننده است. علاوه بر این استفاده مجدد از زمین برای پروژه‌های بعدی را نیز با مشکل رو به رو می‌کند. برای رفع این مشکل عملیات بازسازی پیشنهاد گردید که در بازسازی می‌توان زمین‌های استخراج شده را به گونه‌ای آماده کرد که بتوان از آن استفاده مجدد نمود. گزینه‌های مختلفی برای بازسازی معادن مرسوم می‌باشد که عوامل مختلف محیطی و طبیعی همچون توپوگرافی، شیب، اکولوژی منطقه، زمین شناسی، شرایط ساکنان و خواص مهندسی بر هرکدام از گزینه-های بازسازی تأثیر گذارند. انتخاب گزینه مناسب از بین گزینه-های مختلف برای بازسازی به علت تعدد لایه‌های اطلاعاتی، تصمیم‌گیری را با مشکل رو به رو کرده است و لزوم جامع‌نگری در تصمیم‌گیری و بهره‌گیری از افراد مختلف با مشاغل، تخصص‌ها، تجربیات، سوابق و دیدگاه‌های علمی گوناگون، همراه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را بیش‌ازپیش ضروری کرده است؛ لذا در این مقاله جهت تعیین گزینه مناسب بازسازی، با بررسی عوامل زیربنایی مؤثر در بازسازی و استفاده از منابع علمی مختلف، از بین هفت گزینه پیشنهاد شده بازسازی شامل: جنگل‌کاری حیات وحش، جاذبه-های گردشگری، کشاورزی، واحدهای مسکونی، مؤسسات آموزشی، تجاری و صنعتی از روش FTOPSIS استفاده شد که در نهایت با در نظر گرفتن ۱۷ معیار مؤثر، گزینه ایجاد منطقه تجاری به عنوان گزینه مناسب انتخاب شد. با توجه به نزدیکی معدن جوبن به شهرستان‌های رستم آباد و رشت، ایجاد یک منطقه تجاری در این محدوده معدنی می‌تواند علاوه بر کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از رها نمودن معدن زمینه اشتغال افراد معدن و حتی برخی متقاضیان کار از شهرستان-های مجاور فراهم نماید. با توجه به این‌که محیط زیست و نیروی انسانی از ارکان توسعه پایدار در هر منطقه می‌باشند بنابراین با در نظر گرفتن این دو عامل مهم در معدن جوبن، در نتیجه ایجاد منطقه تجاری، زمینه توسعه اقتصادی و در نتیجه توسعه پایدار در این منطقه فراهم خواهد شد. پیشنهاد می‌گردد

که چنین مطالعاتی برای سایر نواحی معدنکاری شده براساس روش‌های علمی همچون تصمیم گیری چند معیاره انجام گیرد. زیرا به‌کارگیری این روش‌ها فرآیند سعی و خطا را در انتخاب گزینه مناسب برای بازسازی به حداقل خواهد رساند و به عبارتی دیگر ضمن سودمند نمودن فرآیند تصمیم گیری منجر به حصول یک نتیجه قابل اعتماد که می‌تواند توسعه پایدار را در منطقه به‌دنبال داشته باشد، خواهد شد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله ما نویسندگان مقاله مراتب تشکر و سپاسگزاری خویش را از مدیریت معدن جوبن که اطلاعات لازم در اختیار ما قرار دادند و همچنین از دانشگاه بیرجند که حمایت مالی لازم جهت انجام این تحقیق را فراهم نمودند ابراز می‌نمائیم.

Reference

1. HU, Z.H., Wang, P., Liu, J., 2012. Ecological restoration of abandoned mine land in China. Journal of Resources and Ecology, 3(4): 289-296.
2. Mozaffari, A., Bangian, A.H., 2015. Choosing the appropriate method for the reclamation of open pit mines with the use of renewable energy (a case study of Sangan mine), Third Conference on open pit mines , Kerman, Iran. (In Persian)
3. Borthwick, R., Wang, Y., 2015. Bird species' responses to post mine reclamation in Alabama– A preliminary analysis. Journal American Society of Mining and Reclamation, 4(2): 1-19.
4. Razaghi, N., Monaghebi Dinan, N., 2011. Review the environmental impact of mining projects and their evaluation methods, 05th Conference of Environmental Engineering, Tehran, Iran. (In Persian)
5. Akpınar, N., 2005. The process of revegetation in the post-mining reclamation. The Mining and Environment Symposium, ankara, Turkey.
6. Kuter, N., 2013. Reclamation of degraded landscapes due to opencast mining. In: Ozyavuz M (Ed.), Advances Landscape Architecture, In Tech.
7. Vrbova, M., Stys, S., 2008. 60 Years of land reclamation after opencast coal mining – a success story of czech reclamation work. Mine Planning and Equipment Selection Conference, beijing, china.
8. Palogos, I., Galetakis, M., Roumpos, C., Pavloudakis, F., 2017. Selection of optimal land uses for the reclamation of surface mines by using evolutionary algorithms. International Journal of Mining Science and Technology, 27(3): 491-498.
9. Stucky, D. J., Bauer, J. H., Lindsey, T. C., 1980. Restoration of acidic mine spoils with sewage sludge: I. Revegetation. Reclamation Review, 3: 129-139.
10. Gunn, J., Bailey, D., Gagen, P., 1992. Landform replication as a technique for the reclamation of limestone quarries: A progress report. HMSO, London.
11. Gunn, J., Bailey, D., 1993. Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. Environmental Geology, 21: 167-172.
12. Alexander, M. J., 1996. The effectiveness of small-scale irrigated agriculture in the reclamation of mine land soils on the Jos plateau of Nigeria. Land Degradation and Development,7: 77– 85.

13. Yundt, S.E., Miq, S., Lowe, B., 2002. Quarry reclamation- cliffs, landforms and ecology. 26th Annual British Columbia Reclamation Symposium, Dawson Creek, British Columbia.
14. Paschke, M. W., Redente, E. F., Brown, S. L., 2003. Biology and establishment of mountain shrubs on mining disturbances in the Rocky Mountains, USA. Land Degradation and Development, 14: 459–480.
15. Osanloo M., Parsaei M., 2004. Sarcheshmeh Copper Mine Reclamation. Proceeding of Safety Congress, Iran, p. 316-325. Parsaee, M., Osanloo, M., 2003. Reclamation of Sarcheshmeh Copper Mine, 5th Congress on Safety, Health and Environment in Mines and Related Industries, Kerman, Iran. (In Persian)
16. Bangian A.H., **Pirouznia**, N., 2007, Selection of Plant Species for the mine reclamation by Analytical Hierarchy Process: Case Study of Sungun Copper Mine, 7th Congress on Safety, Health and Environment in Mines and Related Industries, Kerman, Iran. (In Persian)
17. Akbari, D. A., Osanloo, M., Hamidian, H., 2007. Selecting post mining land use through analytical hierarchy processing method: case study in Sungun copper open pit mine of Iran. 15th international symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2006), Torino, Italy.
18. Lu, X., Hu, Z., H., Liu, W., Huang, X. Y., 2007. Vegetation growth monitoring under coal exploitation stress by remote sensing in the Bulianta Coal Mining area. Journal of China University of Mining and Technology, 17(4): 479–0483.
19. Bangian, A. H., Osanloo, M., 2008. Multi attribute decision model for plant species selection in mine reclamation plans: Case study sungun copper mine. Post-Mining, February 6-8, Nancy, France. 1-11.
20. Hendrychová, M. 2008. Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: A review of pedagogical and biological studies. Journal of Landscape Studies, 1: 63-78.
21. Soltanmohammadi, H., Osanloo, M., and Aghajani, A. B., 2010. An analytical approach with a reliable logic and ranking policy for post mining land-use determination. Land Use Policy, 27: 364–372.
22. Alavi, I., Akbari A., and Parsaei M., 2011. Plant type selection for Sarcheshmeh Copper Mine reclamation by Fuzzy-AHP method, BLOUR science and expertise magazine, AMIRKABIR University of Technology, Nom 29:10-17. . (In Persian)
23. Alavi1, I., Akbari, A., Ataei, M., Kiadaliri, H., 2011. Comparison Fuzzy Topsis Method and Fuzzy AHP Method for Native Plant Type Selection and Implant (Case Study: Sarcheshmeh Copper Mine), RENEWABLE NATURAL RESOURCES RESEARCH , 2(3): 45-56. (In Persian)
24. Alavi, I., Alinejad, R. H., Sadegh zadeh, M., 2011. Prioritizing crescive plant species in choghart iron mine desert region, used method: Fuzzy AHP). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): 1075-1078.
25. Alavi, I., Alinejad, R, H., 2011. Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods for plant species

selection (Case study: Reclamation plan of Sungun Copper Mine; Iran). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): 1104-1113.

26. Alavi1, I., Akbari, A., Ataei, M., 2013. Plant Type Selection for the mine reclamation of Sarcheshmeh Copper Mine by Fuzzy Topsis Method), Iranian Journal of Mining Engineering (IRJME), 8(18): 101-106. (In Persian)
27. Skousen, J., T. Keene, M. Marra, and B. Gutta. 2013. Reclamation of mined land with Switchgrass, Miscanthus, and Arundo for biofuel production. Journal American Society of Mining and Reclamation (ASMR), 2: 177-191.
28. Alavi, A., Moslemi, M., Pirouznia, N., 2015. Using AHP Fuzzy Method for Plant Species Selection in Mine Reclamation Plan: Case Study Sungun Copper Mine, Arasbaran Region, *journal of Agricultural science and sustainable production, 24(4): 153-162.* (In Persian)
29. Hajkazemiha, N., Shariat, M., Monavari, M., Ataei, M., 2014. Prioritizing the Reclamation Criteria during Mines Closure (Golgohar, Sangan, Chadormalu Iron Mines), *Journal of Environmental Studies*, 40(4): 1023-1033. (In Persian)
30. behnia, B., moosavi rad, S., abkar, A., naghavi, H., 2014. Reclamation of Mined Lands Using Vegetation Cover in Gol-e-Gohar NO.1 Iron Ore Mine, *Iranian Journal of Mining Engineering*, 9(23): 14-24.
31. Skousen, J., Brown, C.B., Griggs, T., Byrd, S., 2014. Establishment and growth of Switchgrass and other biomass crops on surface mines. Journal American Society of Mining and Reclamation, 3(1): 136-156.
32. Legwaila, I. A., Lange, E., Cripps, J., 2015. Quarry Reclamation in England: A Review of Techniques. Journal American Society of Mining and Reclamation, 4(2): 55-79.
33. Scagline, S., Skousen, J., Griggs, T., 2015. Switchgrass and Miscanthus yields on reclaimed surface mines for bioenergy production, Journal American Society of Mining and Reclamation, 4(2): 80-90.
34. Alavi, I., pirooznia, N., 2015. Plant Type Selection for Sungun Copper Mine Environment Reclamation by Fuzzy TOPSIS Method, Journal of Environmental Science and Technology, 17(4): 201-209. (In Persian)
35. Mahmoudi, Ali., Najafi, S., 2016. Mine reclamation, missing ring of sustainable development of Iran's minerals and natural resources, 11th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Yasuj, Iran. (In Persian)
36. Cochilco., 2002. Research on mine closure policy, By the Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) project of International Institute for Environment and Development (iied), 44: 94-95.
37. Cao, X., 2007. Regulating mine land reclamation in developing countries: the case of china. land use policy, 24: 472-483.
38. Laverdure, L., Zinck, J., Hynes, T., 2009. An innovative canadian approach, The Green Mining Initiative. Canadian natural resources limited, Canada.
39. Javanshirgiv , M., Taheri Moghadder, M., Safari, M., 2017. The selection of appropriate mining method for the Deh

Gheybi Granite Quarry Mine using the FTOPSIS method, International Journal of Mining and Mineral Engineering, 8(2): 113-130

40. Sengül, Ü., Eren, M., Eslamian Shiraz, S.H., Gezder, V., Sengül, A.B., 2015. Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. Renewable Energy, 75: 617–625.
41. Nădăban, S., Dzitac, S., Dzitac, I., 2016. Fuzzy TOPSIS: A General View, Procedia Computer Science, 91: 823 – 831.
42. Chen, C.T., 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy sets and systems, 114(1):1-9.
43. Safari, M., Kakaei, R., Ataei, M., Karamoozian, M., 2011. Using fuzzy TOPSIS method for mineral processing plant site selection. Arabian Journal of Geosciences, 5(5):1011-1019.