محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٠، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٣، صفحهٔ ١٠٣٣-١٠٢٣

اولویت‌دهی معیارهای بازسازی در خاتمهٔ فعالیت معادن (مطالعهٔ موردی: معادن سنگ‌آهن گل‌گهر، سنگان و چادرملو)

نرگس حاج‌کاظمیها[1]*، محمود شریعت[2]، مسعود منوری[3]، محمد عطایی[4]

۱. دکتری علوم محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران
۲. استاد، دانشکدهٔ محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران mahmoudshariat@yahoo.com
۳. استادیار، دانشکدهٔ محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران monavari_m@yahoo.com
٤. استاد، دانشکدهٔ مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود ataei@shahroodut.ac.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۲/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۳/۲۷

چکیده

بخش‌های مختلف فعالیت‌های معدنی گسترهٔ وسیعی از محیط را دستخوش تغییرات می‌کنند، بنابراین بازسازی سایت فعالیت‌های معدنی در زمان بهره‌برداری از معدن یا در خاتمهٔ عملیات معدن‌کاری اجتناب‌ناپذیر است. کاهش مخاطرات به‌جای‌مانده از عملیات معدن‌کاری، احیای زمین‌های تحت تأثیر و منابع آبی مصرف‌شده، کاهش آثار، اطمینان از حفظ منابع محیط‌زیستی، ایجاد ثبات و پایداری در محیط اجتماعی- اقتصادی منطقه پس از پایان فعالیت‌های معدنی، ایجاد کاربری‌های جدید و ترغیب در استفادهٔ مناسب از منابع انرژی و ضمانت بهره‌برداری پایدار از معادن از جمله اهداف بازسازی است. با در نظر گرفتن این اهداف و مطالعهٔ اکوسیستم قرارگیری معادن می‌توان معیارهای متعددی برای بازسازی معرفی کرد، اما از میان این معیارها، گروهی باید انتخاب شوند تا هنگام بازسازی معادن از اهمیت و وزن بیشتر و اولویت بالاتری برخوردار باشند. با این فرض ۴۰ معیار بازسازی در سه معدن بزرگ سنگ‌آهن کشور (گل‌گهر، سنگان و چادرملو) و در سه محیط طبیعی، اجتماعی و اقتصادی تعیین و بررسی شدند. تنوع، تعدد و ویژگی معیارها سبب شد تا از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ دلفی- فازی به منظور اولویت‌دهی معیارهای مورد بحث استفاده شود. در نهایت با توجه به امتیازهای اختصاص‌داده‌شده به هر معیار و مقایسهٔ فازی آن‌ها، ۱۶ زیرمعیار که دارای بالاترین اولویت در بازسازی معادن بودند، انتخاب شدند. از میان معیارهای اولویت‌دهی‌شده، شیب و وسعت محدودهٔ تخریب‌شده دارای بالاترین و روش کاشت و ارزش دارویی گیاهان دارای پایین‌ترین اولویت بودند. این مقاله در نظر دارد کاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره به روش دلفی- فازی را در اولویت‌دهی معیارهای بازسازی نشان دهد. به این ترتیب با در نظر گرفتن محدودیت‌های زمانی و بودجه، برنامه‌ریزی مناسب و تخصیص بهینهٔ منابع مالی برای اجرای برنامهٔ بازسازی این سه معدن تحقق خواهد یافت.

کلیدواژه

اولویت‌بندی، بازسازی معادن، معیارهای بازسازی.

۱. سرآغاز

فعالیت‌های معدنی پیش‌نیاز رشد اقتصادی و صنعتی در بسیاری از کشورها به شمار می‌روند. افزایش هدفمند سرعت توسعهٔ فعالیت‌های معدنی در دنیا، به منظور تأمین مواد اولیهٔ صنایع و رقابت در بازارهای بین‌المللی همراه فناوری‌های پیشرفته سبب شده است تا تعداد معادن مورد بهره‌برداری افزایش یابد و به همان نسبت وسعت بیشتری از اکوسیستم‌ها دستخوش تغییر شود. از آنجا که

* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۹۱۲۳۱۳۶۵۷۰ Email: nargeshajkazemiha@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

فعالیت‌های معدنی فرایندی کوتاه‌مدت محسوب می‌شوند و دیر یا زود پایان می‌یابند (Li, 2005)، باید برای کاهش آثار آن‌ها از همان ابتدای فعالیت برنامه‌ریزی کرد.

موضوع بازسازی سایت به‌جای‌مانده از فعالیت معادن برای اولین بار در دنیا در دههٔ ۷۰ میلادی با هدف مرمت محدودهٔ عملیات معدنی از طریق حذف مخاطرات، محدودکردن تولید و چرخهٔ مصرف مواد مضر و احیای فیزیکی، شیمیایی و زیستی محدوده در امریکا مطرح شد (Marci et al., 2003).

در کشورهای پیشرفتهٔ دنیا از جمله امریکا، کانادا و استرالیا، برنامهٔ بستن معدن و بازسازی آن به‌منزلهٔ بخش تفکیک‌ناشدنی طرح‌های موفق معدن‌کاری به شمار می‌رود. امروزه احیای سایت معدنی و روش‌های اجرایی آن در این کشورها قانونمند شده و حفاظت از محیط‌زیست به دلیل برنامه‌ریزی‌های پیشرفته در جلوگیری از آلودگی‌ها، با صرف حداقل هزینه‌ها و حتی در پاره‌ای موارد بدون صرف هزینه انجام‌شدنی است (Mummey et al., 2002; MMSD, 2002).

کاهش مخاطرات و افزایش ایمنی، احیای زمین‌های تحت تأثیر فعالیت‌های معدنی و منابع آبی، کاهش آثار محیط‌زیستی، اطمینان از حفظ منابع محیط‌زیستی و محیط اجتماعی- اقتصادی منطقه پس از پایان فعالیت‌های معدنی، ایجاد کاربری‌های جدید و ترغیب در استفادهٔ مناسب از منابع انرژی و ضمانت بهره‌برداری پایدار از معادن از جمله اهداف بازسازی است (Cao, 2007). بازسازی به عملیاتی اطلاق می‌شود که موجب آماده‌سازی زمین‌های استخراج‌شده برای استفادهٔ مجدد می‌شود (Warhurst, 2000؛ اصانلو، ۱۳۸۰). لزوماً این آماده‌سازی به بازگرداندن شکل و حالت اولیهٔ زمین (قبل از استخراج) منجر نمی‌شود، بلکه تلاش می‌شود زمین تخریب‌شده به شرایط زادآوری و تولید خود شبیه آنچه قبل از عملیات معدن‌کاری وجود داشته است، برگردانده شود (Bangian & Osanloo, 2008). در واقع، بازسازی عملیات منفک‌شده و مجزا 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 (اصانلو، ۱۳۸۰). در مدیریت سایت به‌جای‌مانده از یک فعالیت معدنی سه رویکرد با تفاوت‌هایی در ماهیت اصلی خود وجود دارند که به اقتضای شرایط و ویژگی‌های زیستی منطقه از آن‌ها استفاده می‌شود. این سه رویکرد عبارت‌اند از: احیا[1]، بازسازی[2] و بهبود زمین‌های به‌جای‌مانده از عملیات معدن‌کاری[3] (World Bank, Norman et al., 1997; 1998). تفاوت این سه در تغییرات اعمال‌شده پس از بازسازی در اکوسیستم تحت تأثیر فعالیت معدنی است.

تاریخچهٔ طولانی‌مدت فعالیت‌های معدنی (Zhang et al., 2008; Christophe, 2008) و بازسازی موفق سایت‌های تخریب‌شده نشان می‌دهد که از دیدگاه فنی و مدیریتی جمع‌کردن تجهیزات، بستن و بازسازی معدن به برنامه‌ریزی دقیق با در نظر گرفتن اولویت انجام هر یک از مراحل برنامه‌ریزی نیاز دارد (Mchaina, 2001; Vrbova & Stys, 2008).

انتخاب معیارهای دارای بالاترین اولویت و بهترین روش بازسازی از مهم‌ترین فاکتورها در طراحی معادن روباز و برنامه‌ریزی تولید است. از طرف دیگر، موقعیت قرارگیری پیت معدن، عمق و ملاحظات اقتصادی نیز تعیین‌کنندهٔ بهترین روش بازسازی است (Bascetin, 2007).

در موضوع بازسازی معادن ۳ پژوهش در خصوص انتخاب پوشش گیاهی صورت گرفته است. اولین تحقیق از سوی بانگیان و اصانلو دربارهٔ انتخاب پوشش گیاهی برای کاشت مجدد در محدودهٔ فعالیت‌های معدن مس سونگون به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است (Bangian & Osanloo, 2008). در پژوهش دیگر علوی، اکبری و عطایی با استفاده از روش TOP SIS فازی به انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای کاشت در

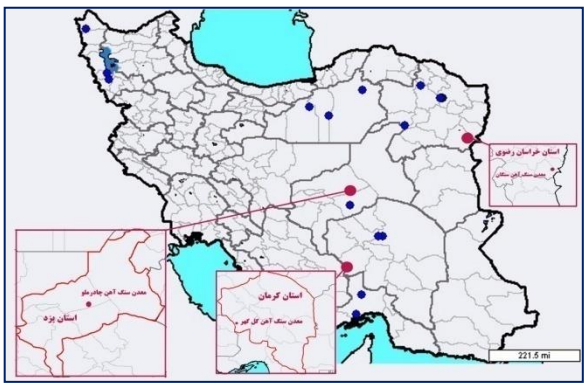
Archive of SID
www.SID.ir

محدودهٔ معدن مس سرچشمه پرداخته‌اند (علوی و دیگران، ۱۳۹۲). در مطالعهٔ بعدی علوی، رکنی و صادق‌زاده اولویت‌دهی گونه‌های گیاهی در معدن چغارت را به روش AHP فازی بررسی کرده‌اند (Alavi et al., 2011).

در این تحقیق سه معدن بزرگ سنگ‌آهن کشور گل‌گهر، سنگان و چادرملو به علت قرارگیری در اکوسیستم مشابه نیمه‌بیابانی به منظور تعیین معیارهای بازسازی انتخاب شده‌اند. همچنین، با توجه به نقش صنعت فولاد به‌منزلهٔ صنعت مادر در اقتصاد ملی و رفاه جامعه، یکی از اهداف چشم‌انداز توسعه تا سال ۱۴۰۴، افزایش ظرفیت تولید فولاد کشور به ۵۵ میلیون تن خواهد بود که سه معدن مورد مطالعه در برنامهٔ توسعه، از جمله معادن تأمین‌کنندهٔ مادهٔ اولیهٔ این صنعت‌اند و چرخهٔ فعالیت معدن‌کاری در این سه معدن به طور کامل انجام خواهد شد (Ministry of industry, mine and trade, 2004).

۲. موقعیت جغرافیایی معادن مورد مطالعه

بزرگ‌ترین معادن سنگ‌آهن ایران به ترتیب سه معدن گل‌گهر، سنگان و چادرملو از سه زون معدنی سیرجان، خواف و بافق انتخاب شدند تا معیارهای بازسازی در آن‌ها تعیین و بررسی شوند (شکل ۱). این سه مجتمع بزرگ معدنی- صنعتی از نظر اقلیمی در ناحیهٔ گرم و خشک ایران قرار گرفته‌اند و دارای اکوسیستم‌های شبیه یکدیگرند.



شکل ۱. موقعیت قرارگیری سه معدن مورد مطالعه

۲. ۱. معدن گل‌گهر

معدن سنگ‌آهن گل‌گهر در استان کرمان (شکل ۲) در طول جغرافیایی ´۱۹ °۵۵ شرقی، عرض جغرافیایی ´۷ °۲۹ شمالی واقع شده است. این تودهٔ معدنی در دشت مرتفعی با ارتفاع متوسط ۱۷۵۰ متر از سطح دریا در ناحیهٔ نیمه‌کویری واقع است و با کوه‌هایی به ارتفاع ۲۵۰۰ متر و بیشتر با امتداد شمال‌غرب- جنوب‌شرق احاطه شده است. پوشش گیاهی این ناحیه بسیار اندک و پراکنده و بیشتر به صورت بوته و گیاهان وحشی مقاوم در مقابل خشکی و گرماست. در این ناحیه رود دائمی جریان ندارد و آب مورد دسترس در بسیاری از اوقات سال متکی به مقدار آب چشمه‌های پراکنده است (Golgohar mining and industrial Co. 2009).

شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای معدن سنگ‌آهن گل‌گهر برداشت از Google Earth

۲. ۲. معدن سنگان

معدن سنگ‌آهن سنگان در استان خراسان رضوی (شکل ۳)، شهرستان خواف به طول جغرافیایی ´۱۶ °۶۰ شرقی و عرض جغرافیایی ´۲۴ °۳۴ شمالی قرار دارد. معدن در ناحیهٔ نیمه‌بیابانی واقع است و آب و هوای عمدتاً گرم و خشکی دارد. میانگین درجهٔ حرارت سالانه در سایت معدن ۱۶/۳ درجهٔ سانتی‌گراد است. میانگین سرعت باد ۱۹/۱ کیلومتر بر ساعت است که به طور غالب از شمال و شمال‌شرق طی تابستان می‌وزد. میانگین ریزش‌های جوی سالانه ۱۴۷ میلی‌متر که بین اکتبر تا جون اتفاق می‌افتد. تبخیر از تشت به طور میانگین در سال برابر ۳۹۹۰ میلی‌متر است (AMEC, 2007).

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳. تصویر ماهواره‌ای معدن سنگ‌آهن سنگان برداشت از Google Earth

۲. ۳. معدن چادرملو

معدن چادرملو در استان یزد (شکل ۴) با مشخصات جغرافیایی ′۱۷ °۳۲ عرض شمالی و ′۳۰ °۵۵ طول شرقی واقع شده است. کانسار از چهار بیرون‌زدگی سنگ‌آهن با ارتفاع ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر بالاتر از مناطق اطراف تشکیل شده و سه بیرون‌زدگی شمالی که در عمق به هم متصل می‌شوند، تودهٔ شمالی را تشکیل می‌دهند و حدود ۸۰ درصد ذخیره را دربر می‌گیرند. با توجه به مجاورت با کویرهای مرکزی و لوت، منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک بیابانی است و متوسط درجهٔ حرارت آن تا ۲۰/۸ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است (National geosciences database of Iran. 2009).

شکل ۴. تصویر ماهواره‌ای معدن سنگ‌آهن چادرملو برداشت از Google Earth

۳. روش تحقیق

پس از گردآوری اطلاعات و انجام مطالعات کتابخانه‌ای، بازدیدهای صحرایی از وضعیت اکوسیستم قرارگیری این سه معدن در دو سال متوالی در بهار و پاییز انجام شد و معیارهای بازسازی در سه محیط طبیعی، اجتماعی و اقتصادی به شرح زیر بررسی شدند.

۱. محیط طبیعی: توپوگرافی و شکل زمین، پوشش گیاهی، آب، اقلیم، خاک و موقعیت معدن که هر یک از این معیارها به زیرمعیارهایی تقسیم شده‌اند.

۲. محیط اجتماعی: ساکنان بومی منطقه، مهاجرت به خارج، مالکیت اراضی، اشتغال، ارزش دارایی‌های ساکنان محلی و ایمنی، بهداشت و سلامت.

۳. محیط اقتصادی: از دست دادن شغل، میزان درآمد، توسعهٔ مهارت‌های فردی و هزینه.

با بررسی دقیق‌تر این معیارها مشخص شد که فراوانی، تنوع و عدم قطعیت آن‌ها تعیین اولویت را با مشکل مواجه می‌کند. همچنین این سؤال مطرح می‌شود که با وجود معیارهای متعدد در بازسازی چگونه می‌توان در خصوص مدیریت آن‌ها به گونه‌ای تصمیم‌گیری کرد تا از بودجهٔ اختصاص‌یافته در هر پروژه استفادهٔ بهینه و این بودجه در موارد ضروری‌تر و دارای اولویت بالاتر به کار گرفته شود. همین موضوع سبب شد تا ایدهٔ استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی دلفی- فازی (FDAHP)[۴] از پرکاربردترین روش‌ها (Incea et al., 1991; Guo et al., 2010) از میان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد توجه قرار گیرد. در روش دلفی- فازی ارزش‌گذاری انجام‌شده برای معیارها در قالب اعداد قطعی بیان می‌شود. این روش در مواردی به کار می‌رود که نیاز است نظرها و قضاوت‌های افراد خبره در یک حیطهٔ تخصصی جمع‌آوری شوند.

تعداد ۴۰ معیار و زیرمعیار شناسایی‌شده در قالب پرسش‌نامه برای دریافت نظرهای تیم مطالعاتی تنظیم شد. سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره حوزه‌های دانش مختلفی را دربر می‌گیرند (Huang et al., 2011) و تجربه و دانش فنی گروه کارشناسی به اثربخشی روش و صحت نتایج حاصله کمک می‌کند (Rowe & Wright, 1999). بنابراین، تیم کارشناسی هدف در سه گروه استادان دانشگاه

Archive of SID
www.SID.ir

با تخصص‌های مرتبط، کارشناسانی (Okoli & Linstone, 2002; Pawlowski, 2004) که در خصوص فعالیت‌های معدنی دارای تجربه کافی بودند و کارشناسان، مجریان و مدیران سه معدن مورد مطالعه انتخاب شدند.

پس از ارسال پرسشنامه‌ها، از تیم کارشناسی خواسته شد تا با توجه به توان علمی و تجربی خود به هر یک از معیارهای پیشنهادی امتیاز ۱ (بسیار کم)،۳ (کم)، ۵ (متوسط)، ۷ (زیاد) و ۹ (بسیار زیاد) را اختصاص دهند. از مجموع ۳۰ پرسش‌نامه که برای تیم مطالعاتی ارسال شده بود،۲۰ پرسش‌نامهٔ تکمیل‌شده، دریافت شد. داده‌های دریافت‌شده از طریق پرسش‌نامه‌ها به‌منزلهٔ داده‌های ورودی روش تحلیل سلسله‌مراتبی دلفی- فازی استفاده شد. به منظور سهولت در انجام کار برای هر یک از معیارها کد شناسایی انتخاب شد که در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. کد شناسایی معیارها

معیار	کد
شیب	Sl
ناهمواری‌ها	Rf
تراکم پوشش گیاهی	De
ترکیب پوشش گیاهی	Cm
ارزش دارویی گیاهان	Mv
ارزش اقتصادی گیاهان	Ev
روش کاشت گیاهان	Pm
کاربری نهایی	Pl
الگوی زهکشی	Dp
کمیت آب	Qu
کیفیت آب	Qa
میزان بارندگی	Pr
درجهٔ حرارت هوا	Te
وزش باد	Wi
رطوبت هوا	Hu
بافت خاک	Tx
ظرفیت نگهداری آب	Wr
pH خاک	pH
درصد مواد آلی در خاک	Om
درصد مواد مغذی در خاک	Nm

معیار	کد
خواص فیزیکی و شیمیایی خاک	Pc
قابلیت باروری خاک	Fe
مواد قابل انحلال در خاک	Sm
فرسایش خاک	Er
دوری از مراکز مسکونی	Re
دوری از مناطق چهارگانه و حساس	Ve
دوری از آثار تاریخی	Mh
کاربری‌های قبلی	Fl
جاده‌های دسترسی	Ar
وسعت محدودهٔ تخریب‌شده	Da
ساکنان بومی منطقه	Nr
مهاجرت به خارج	Em
مالکیت اراضی	Lo
اشتغال	Ep
ارزش دارایی‌های ساکنان محلی	Vn
ایمنی، بهداشت و سلامت	Sh
از دست دادن شغل	Di
میزان درآمد	In
توسعهٔ مهارت‌های فردی	Is
هزینهٔ بازسازی	Co

Archive of SID

www.SID.ir

در نهایت بر اساس روابط ۱ تا ۹ معیارها تعیین اولویت شدند (عطایی، ۱۳۸۹).

رابطه (۱) $\alpha_{ij} = (a_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij})$

رابطه (۲) $\alpha_{ij} = \mathrm{Min}(\beta_{ijk}),\ k = 1, \ldots, n$

رابطه (۳) $\delta_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{n} \beta_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}, \mathrm{k} = 1, \ldots, \mathrm{n}$

رابطه (۴) $\gamma_{ij} = \mathrm{Max}(\beta_{ijk}), k = 1, \ldots, n$

رابطه (۵) $\tilde{\mathrm{A}} = [\tilde{a}_{ij}]\ \tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ij}\ \forall i, j = 1,2, \ldots, n$

رابطه (۶) $\tilde{Z}_i = [\tilde{a}_{ij} \otimes \ldots \otimes \tilde{a}_{in}]^{\frac{1}{n}}$

رابطه (۷) $\tilde{W}_i = \tilde{Z}_i \otimes (\tilde{Z}_i \oplus \ldots \oplus \tilde{Z}_n)^{-1}$

که در آن:

رابطه (۸) $\tilde{a}_1 \otimes \tilde{a}_2 = (\alpha_1 \times \alpha_2, \delta_1 \times \delta_2, \gamma_1 \times \gamma_2)\tilde{W}_i$

رابطه (۹) $W_i = \left(\prod_{j=1}^{3} w_{ij}\right)^{1/3}$

در روابط بالا β_{ijk} نشان‌دهندهٔ اهمیت نسبی پارامتر i بر پارامتر j از دیدگاه متخصص kام، γ_{ij}، α_{ij} به ترتیب حد بالا و پایین نظر پرسش‌شوندگان و δ_{ij} میانگین هندسی نظرهای پرسش‌شوندگان است. بدیهی است که مؤلفه‌های عدد فازی به گونه‌ای تعریف شده‌اند که: $\alpha_{ij} \leq \delta_{ij} \leq \gamma_{ij}$ در ضمن مقادیر این مؤلفه‌ها در بازهٔ {۹، ۱/۹} تغییر می‌کنند.

۴. نتایج

امتیاز اختصاص‌داده‌شده از سوی هر متخصص برای هر معیار در جدولی تنظیم شد. سپس، ماتریس مقایسهٔ زوجی متناظر با هر یک از معیارها، به صورت جداگانه برای هر متخصص تنظیم شد.

پس از محاسبه و تهیهٔ ماتریس مقایسهٔ زوجی، نتیجهٔ امتیاز هر معیار در این ماتریس بین متخصصان مختلف مقایسه و حداقل امتیاز، میانگین هندسی و حداکثر امتیاز هر معیار محاسبه شد. به این ترتیب ماتریس دیگری بین ۴۰ پارامتر نظرسنجی‌شده، تشکیل و در این مرحله وزن نسبی پارامترها، به صورت اعداد فازی Z و Zi به ازای پارامترهای مختلف محاسبه شد (جدول ۲).

وزن غیرفازی معیارها W_i و اولویت‌دهی آن‌ها انجام گرفت که در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۲. بخشی از جدول محاسبهٔ اعداد فازی Z و Zi

کد شناسه	Z (Min)	Z (Ave)	Z (Max)	Zi (Min)	Zi (Ave)	Zi (Max)
Sl	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۹۳	۴۴۶۰۳/۳۶۱۳۴۷۷۴۳۵	۹۰۸۷۳۶۷۰۰۰۸۳۲۴۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۶۳	۱/۳۱	۴/۷۲
Rf	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۸۰/۹۴۸۳۵۸۱۹۹۴	۴۸۲۹۲۷۳۱۶۳۴۳۲۶۳۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۴۴	۱/۱۵	۴/۳۹
De	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۹۴۹/۲۸۳۴۸۵۰۳۴۵	۸۷۶۲۲۳۳۲۲۷۷۳۲۱۷۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۵۱	۱/۲۲	۴/۲۰
Cm	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۳/۹۷۹۸۷۴۴۲۳۸	۴۳۹۶۰۰۵۲۰۰۷۰۵۰۵۰۰۰۰۰	۰/۴۲	۱/۰۴	۳/۱۰
Mv	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۶	۲۶۲۵۹۸۷۰۹۲۷۷	۰/۱۴	۰/۵۹	۱/۹۳
Ev	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۵۵۹۴۵۹۴۶	۳۱۹۳۴۹۳۰۸۱۹۱۸۹۶۰۰۰۰	۰/۲۹	۰/۸۸	۲/۹۰
Pm	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۳۰۷۰	۷۲۶۶۶۷۵۷۸۰۵۲۵	۰/۱۵	۰/۶۹	۲/۱۰
Pl	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۲/۸۷۷۷۶۱۰۱۹۶	۵۳۴۰۱۴۲۳۷۲۰۹۰۶۹۰۰۰۰	۰/۴۰	۱/۰۳	۲/۹۴
Dp	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۰۳۵۹۹۳۹۶۷۰	۵۲۱۴۶۳۴۶۶۵۱۹۰۱۸۰۰۰۰۰۰۰	۰/۳۹	۱/۰۰	۳/۴۹
Qu	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۱۶۷/۱۹۲۹۴۱۳۲۸۵	۷۷۲۶۸۳۷۰۶۱۴۹۲۲۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۳۰	۱/۱۴	۳/۷۳
Qa	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۱۳۲/۵۶۳۰۲۷۱۴۹۰	۷۷۲۷۶۶۶۷۴۶۴۱۲۶۶۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۵۰	۱/۲۱	۳/۹۶
Pr	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۸۰۵۹/۲۴۵۷۰۸۱۶۷۹	۶۳۵۹۹۶۱۲۲۷۸۷۱۹۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۳۲	۱/۲۵	۳/۹۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. اولویت‌بندی ۴۰ معیار بازسازی

رتبهٔ اولویت	معیار	W_i	رتبهٔ اولویت	معیار	W_i
۱	شیب	۰/۰۳۷۸	۲۱	دوری از مناطق چهارگانه	۰/۰۲۴۲
۲	وسعت محدودهٔ تخریب‌شده	۰/۰۳۴۳	۲۲	دوری از مراکز مسکونی	۰/۰۲۴۳
۳	تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۳۳۰	۲۳	خواص فیزیکی و شیمیایی خاک	۰/۰۲۳۲
۴	هزینهٔ بازسازی	۰/۰۳۲۸	۲۴	قابلیت باروری خاک	۰/۰۲۲۷
۵	جاده‌های دسترسی	۰/۰۳۲۵	۲۵	از دست دادن شغل	۰/۰۲۲۱
۶	کیفیت آب	۰/۰۳۲۲	۲۶	مواد قابل انحلال در خاک	۰/۰۲۱۶
۷	فرسایش خاک	۰/۰۳۲۲	۲۷	ارزش اقتصادی گیاهان	۰/۰۲۱۶
۸	ناهمواری‌ها	۰/۰۳۱۲	۲۸	رطوبت هوا	۰/۰۲۱۳
۹	ساکنان بومی منطقه	۰/۰۲۹۳	۲۹	کاربری‌های قبلی	۰/۰۲۱۳
۱۰	وزش باد	۰/۰۲۸۷	۳۰	ظرفیت نگهداری آب در خاک	۰/۰۲۰۷
۱۱	ایمنی، بهداشت و سلامت	۰/۰۲۸۱	۳۱	دوری از آثار تاریخی	۰/۰۲۰۳
۱۲	میزان بارندگی	۰/۰۲۷۹	۳۲	مهاجرت به خارج	۰/۰۲۰۲
۱۳	میزان درآمد	۰/۰۲۷۵	۳۳	بافت خاک	۰/۰۲۰۰
۱۴	الگوی زهکشی	۰/۰۲۶۶	۳۴	درصد مواد آلی در خاک	۰/۰۱۸۹
۱۵	ترکیب پوشش گیاهی	۰/۰۲۶۵	۳۵	توسعهٔ مهارت‌های فردی	۰/۰۱۸۸
۱۶	کمیت آب	۰/۰۲۶۱	۳۶	ارزش دارایی‌های ساکنان محلی	۰/۰۱۸۳
۱۷	کاربری نهایی	۰/۰۲۵۵	۳۷	مالکیت اراضی	۰/۰۱۸۱
۱۸	اشتغال	۰/۰۲۴۴	۳۸	درصد مواد مغذی در خاک	۰/۰۱۸۰
۱۹	درجهٔ حرارت هوا	۰/۰۲۴۴	۳۹	روش کاشت گیاهان	۰/۰۱۴۴
۲۰	pH خاک	۰/۰۲۴۲	۴۰	ارزش دارویی گیاهان	۰/۰۱۳۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به فراوانی و گستردگی معیارها و غیرممکن‌بودن مدیریت تمامی آن‌ها دسته‌بندی دیگری انجام شد تا مشخص شود در محدودهٔ هر معیار به تنهایی، کدام زیرمعیارها اولویت بالاتری دارند. در نهایت از میان ۴۰ زیرمعیار، ۱۶ زیرمعیار که دارای بالاترین اولویت در بازسازی معادن بودند، انتخاب شدند. این ۱۶ زیرمعیار براساس جدول ۱۰ عبارت‌اند از:

شیب، ناهمواری، تراکم گیاهان، ترکیب کاشت گیاهان، کیفیت آب، الگوی زهکشی، وزش باد، میزان بارندگی، فرسایش خاک، pH خاک، وسعت محدودهٔ تخریب‌شده، جاده‌های دسترسی، ساکنان بومی منطقه، ایمنی، بهداشت و سلامت، هزینهٔ بازسازی و میزان درآمد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. اولویت‌بندی زیرمعیارها در سه گروه محیط طبیعی، اجتماعی و اقتصادی

معیارها	زیرمعیارها	Wi
توپوگرافی و شکل زمین	شیب	۰/۰۳۷۸
	ناهمواری‌ها	۰/۰۳۱۲
پوشش گیاهی	تراکم	۰/۰۳۳۰
	ترکیب	۰/۰۲۶۵
	کاربری نهایی	۰/۰۲۵۵
	ارزش اقتصادی	۰/۰۲۱۶
	روش کاشت	۰/۰۱۴۴
	ارزش دارویی	۰/۰۱۳۰
آب	کیفیت	۰/۰۳۲۲
	الگوی زهکشی	۰/۰۲۶۶
	کمیت	۰/۰۲۶۱
اقلیم	وزش باد	۰/۰۲۸۷
	میزان بارندگی	۰/۰۲۷۹
	درجهٔ حرارت	۰/۰۲۴۴
	رطوبت	۰/۰۲۱۳
خاک	فرسایش	۰/۰۳۲۲
	pH	۰/۰۲۴۲
	خواص فیزیکی و شیمیایی	۰/۰۲۳۲
	قابلیت باروری	۰/۰۲۲۷
	مواد قابل انحلال	۰/۰۲۱۶

معیارها	زیرمعیارها	Wi
خاک	ظرفیت نگهداری آب	۰/۰۲۰۷
	بافت	۰/۰۲۰۰
	درصد مواد آلی	۰/۰۱۸۹
	درصد مواد مغذی	۰/۰۱۸۰
موقعیت معدن	وسعت محدودهٔ تخریب‌شده	۰/۰۳۴۳
	جاده‌های دسترسی	۰/۰۳۲۵
	دوری از مناطق چهارگانه و ...	۰/۰۲۴۲
	دوری از مراکز مسکونی	۰/۰۲۴۳
	کاربری‌های قبلی	۰/۰۲۱۳
	دوری از آثار تاریخی	۰/۰۲۰۳
اجتماعی	ساکنان بومی منطقه	۰/۰۲۹۳
	ایمنی، بهداشت و سلامت	۰/۰۲۸۱
	اشتغال	۰/۰۲۴۴
	مهاجرت به خارج	۰/۰۲۰۲
	ارزش دارایی‌های ساکنان محلی	۰/۰۱۸۳
	مالکیت اراضی	۰/۰۱۸۱
اقتصادی	هزینه	۰/۰۳۲۸
	میزان درآمد	۰/۰۲۷۵
	از دست دادن شغل	۰/۰۲۲۱
	توسعهٔ مهارت‌های فردی	۰/۰۱۸۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵. بحث

از میان ۱۶ زیرمعیار نهایی، آن‌هایی که مربوط به محیط اجتماعی و اقتصادی‌اند وابستگی کمتری به اکوسیستم قرارگیری سه معدن سنگ‌آهن سنگان دارند و می‌توان برای آن‌ها الگوی مدیریتی یکسانی تدوین کرد، اما در خصوص زیرمعیارهای محیط طبیعی شرایط متفاوت است. این زیرمعیارها در واقع اجزای مختلف اکوسیستم به شمار می‌روند و در یکدیگر اثرگذارند.

جهت شیب و میزان تندی آن از جمله فاکتورهایی به شمار می‌روند که در کاشت پوشش گیاهی و تولید رسوبات تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر، به منظور پایدارکردن شیب‌ها باید آن‌ها را تسطیح کرد و با کاشت پوشش گیاهی روی آن‌ها مانع از فرسایش سطحی شد (Indian & Northern Affairs, Canada, 2006). شدت رواناب سطحی روی شیب‌های طولانی‌تر و تندتر بیشتر است، پس در طرح بازسازی این معادن از ایجاد شیب‌های یکنواخت و طولانی باید پرهیز و در طراحی مجدد شیب‌ها از شکل طبیعی ناهمواری‌ها تبعیت کرد. شرایط نامطلوب اقلیمی از جمله کمی میزان بارندگی، تبخیر بسیار بالا، کمبود منابع آب از نظر کمی و کیفی، وزش بادهای موسمی، نبود پوشش گیاهی کافی با تنوع و تراکم بسیار کم سبب شده است میزان فرسایش خاک در

Archive of SID
www.SID.ir

مناطق مورد مطالعه به بالاترین سطح خود برسد. در نتیجه خاک سطحی که بارورترین بخش خاک از نظر مواد مغذی، میکروارگانیسم‌ها، بذر و ریشه گیاهان است (Norman et al., 1997؛ عصری، ۱۳۸۴) و در آن فرایندهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی باید رخ دهد (Haney et al., 2007) وجود ندارد. به دلیل فقر بیش از حد خاک، عملاً برداشت و انباشت آن قبل از عملیات معدن‌کاری به منظور بهبود شاخص‌های زیستی (Mummey et al., 2002) در این معادن غیرممکن است. pH خاک نیز در محدودهٔ فعالیت‌های سه معدن گل‌گهر، سنگان و چادرملو به دلیل کمبود بارندگی و اقلیم گرم و خشک قلیایی است. در مناطق تحت تأثیر فعالیت‌های معدنی در معدن سنگان pH خاک بین ۶/۸ تا ۷/۸ است (Toseh nirou, 2007). غالب گیاهان معمولی در خاک‌های دارای pH خنثی رشد می‌کنند. مهم‌ترین نقش pH خاک کنترل حلالیت عناصر غذایی در خاک است. به عبارت دیگر، قابلیت جذب عناصر غذایی وابستگی زیادی به pH خاک دارد. بر اساس مطالعات انجام‌شده از سوی Baker و همکارانش مناسب‌ترین pH خاک برای کاشت مجدد گیاهان بین ۵/۱ تا ۶/۱ است (Baker, et al., 2000). ارزشیابی کیفیت خاک که بستر فرایندهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی را فراهم می‌کند، برای تصمیم‌گیری در خصوص بازسازی سایت فعالیت‌های معدنی حائز اهمیت است (Haney et al., 2007).

نگاه اجمالی به این زیرمعیارها نشان می‌دهد که در یک برنامهٔ بازسازی امکان ندارد که هر کدام از معیارها بدون در نظر گرفتن اثرگذاری آن معیار روی سایر عوامل، تحت مدیریت قرار گیرد. کنترل و مدیریت هر یک از این معیارها به بهبود معیار دیگر کمک می‌کند. احیا و بهبود متوازن اکوسیستم هر یک از این معادن در گرو برنامهٔ مدیریت جامع همهٔ معیارهای بازسازی است.

۶. خلاصهٔ نتایج و پیشنهادها

بررسی‌ها نشان داد که به دلیل تنوع و تعدد معیارهای بازسازی می‌توان از روش تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی دلفی- فازی در تعیین اولویت آن‌ها استفاده کرد. در این پژوهش از ۴۰ زیرمعیار تعیین‌شده، ۱۶ زیرمعیار که دارای بالاترین اولویت در بازسازی عرصهٔ به‌جای‌مانده از فعالیت‌های معدنی در سه معدن گل‌گهر، سنگان و چادرملو بودند، انتخاب شدند. این زیرمعیارهای اولویت‌دار چارچوب مناسبی را برای تدوین برنامهٔ بازسازی فراهم می‌کنند. از این روش تصمیم‌گیری در تعیین اولویت معیارهای بازسازی برای تمام معادن می‌توان استفاده کرد، اما باید توجه داشت که محدودیت‌های زمان، هزینه، امکانات و تجهیزات موجود و اکوسیستم منطقهٔ قرارگیری معادن تعیین می‌کنند کدام یک از معیارها باید نسبت به بقیه در اولویت برنامه‌های بازسازی قرار گیرند. در واقع در قالب یک برنامهٔ مدیریت جامع و به موازات یکدیگر باید نسبت به تدوین برنامه و طرح بازسازی و بهبود تمام معیارها به صورت متوازن اقدام کرد.

همچنین، از آنجا که معادن بزرگ کشور هنوز به پایان عمر خود و اتمام ذخیرهٔ پیش‌بینی‌شده نرسیده‌اند، عملاً نمی‌توان در طول عمر معادن که معمولاً چندین دهه طول خواهد کشید، محیط متأثر از فعالیت‌های معدنی را به حال خود گذارد، تا عملیات معدنی خاتمه یابد و عملیات بازسازی را شروع کرد. بنابراین احیای همزمان کلیهٔ معیارهای اکوسیستم طبیعی منطقه متأثر از معدن‌کاری هنگام عملیات معدنی در شعاع تأثیر این مناطق به‌منزلهٔ بهترین روش بازسازی و بهبود اکوسیستم منطقه و جلوگیری از روند رو به افزایش فرسایش پیشنهاد می‌شود.

بنابراین، موضوع بازسازی در معادن کشور برای سیاست‌گذاران و مسئولان کشور به دلیل استفادهٔ گسترده از منابع طبیعی در فعالیت‌های معدنی حائز اهمیت است. از آنجا که در ایران قوانین و ضوابط مربوط به بازسازی محدودهٔ فعالیت‌های معدنی در سطوح مختلف اداری

Archive of SID

www.SID.ir

ضابطه‌مند و وظایف و تعهدات مالکان و بهره‌برداران از معدن به درستی تعریف نشده است، باید در خصوص توسعهٔ کمی و کیفی برنامهٔ بازسازی معادن برنامه‌ریزی مناسب صورت گیرد.

یادداشت‌ها

1. Restoration
2. Reclamation
3. Rehabilitation
4. FDAHP, Fuzzy Delphi Analytical Hierarchy Process

منابع

اصانلو، م. ۱۳۸۰. بازسازی معادن، دانشگاه تهران، ۲۳۰ صفحه.

عصری، ی. ۱۳۸۴. اکولوژی گیاهی، دانشگاه پیام‌نور، ۲۱۴ صفحه.

عطایی، م. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ فازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۸۴ صفحه.

علوی، ا، اکبری، ا، و عطایی، م، ۱۳۹۲، انتخاب گونهٔ گیاهی مناسب برای بازسازی معدن مس سرچشمه، به روش TOP SIS فازی، نشریهٔ علمی- پژوهشی مهندسی معدن، دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱۸، ص ۱۰۱- ۱۰۶.

Alavi, I, Rokni, H, Sadeghzadeh, M. 2011. Prioritizing Crescive Plant Species in Choghart Iron Mine Desert Region (Used method:Fuzzy AHP). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 5(12), PP 1075-1078.

AMEC Americas Limited. 2007. Sangan project, Tailings dam design. 148831 Report. 106p.

Baker, P., Burton, P., Davidson, R., Falvey, Sh., Gallegos, T. 2000. The practical guide to reclamation in Utah. Dept. of natural resources; Utah. Division of oil gas and mining, 163p.

Bangian, A.H., Osanloo. M.2008. Decision Making for Plant Species Selection in Mined Land Reclamation Plans through MADM Model, Mine Planning and Equipment Selection Conference, October 20-22, Beijing, China. PP 81-94.

Bascetin, A. 2007. A decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine, Environ Geol. Vol52. PP 663–672.

Cao, X. 2007. Regulating mine land reclamation in developing countries: The case of China. Land Use Policy, Vol. 24, PP 472–483.

Christophe, Didier. 2008. The French experience of post mining management, Post-Mining Conference. Nancy, France, PP 1-17.

Golgohar mining and industrial Co. 2009. http://www.geg.ir/default.aspx?Lang=En

Guo, L., Zhou, L., Yang, Ch. 2010. Fuzzy comprehensive evaluation of land reclamation suitability in mining subsidence based on GIS. Natural computation (ICNC): 2010 Sixth international conference, Vol. 8, PP 3998 – 4002.

Haney, R. L., Hossner, L. R., Haney, E. B. 2007. Soil microbial respiration as a tool to assess post mine reclamation. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, Vol. 22-1, PP 48-59.

Huang, B., Keisler, J., Linkov, I. 2011. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. Science of the Total Environment, Vol. 409, PP 3578-3594.

Incea, Em., Mutmanskyb, J., Albertc E. 1991. Fuzzy multiple-criteria decision making: Application to AML project selection, International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, Vol. 5, PP 167-176.

Indian & Northern Affairs Canada, Yellowknife. 2006. Mine site reclamation guidelines for the northwest territories, 55p.

Li, M.S. 2005. Ecological restoration of mine land with particular reference to the metalliferous mine wasteland in China: A review of research and practice. Science of the Total Environment, Vol. 357, PP 38– 53.

Linstone, H., Turoff, M., Helmer, O. 2002. The Delphi method techniques and applications. [Electronic version].

Marci, B., Brimblecombe, P., Ann, M., William, P., Freedman, W. 2003. Environmental encyclopedia, Third Edition, Thomson – Gale.

Archive of SID
www.SID.ir

Mchaina, D.M. 2001. Environmental planning considerations for the decommissioning, closure and reclamation of a mine site, International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, v. 15. No. 3, PP. 163-176.

Ministry of industry, mine and trade. Enactment of council of ministers. 2004.

MMSD. 2002. Research on mine closure policy, No. 44, International institute for environment and development (IIED), 94p.

Mummey, L., Stahl, D., Buyer, S. 2002. Microbial biomarkers as an indicator of ecosystem recovery following surface mine reclamation. Applied Soil Ecology, Vol. 21, PP 251–259.

National geosciences database of Iran. 2009. Available from http://www.ngdir.ir/pdefault.asp.

Norman, K., Wampler, J., Throop, H., Schnitzer, F., Roloff, M. 1997. Best management practices for reclamation surface mines in washington & Oregon, Washington, Division of geology and earth resources, Open file report 96-2, 130p.

Okoli ,C., D. Pawlowski, S. 2004. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications, Information & Management, Vol. 42, PP 15–29.

Rowe, G., Wright, G. 1999. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis, International Journal of Forecasting, Vol. 15, PP 353–375.

Toseh Nirou Co. 2007. Soil investigation report for Sangan iron mine project. 50p.

Vrbova, Marie. & Stys, Stanislav. 2008. 60 years of land reclamation after opencast coal mining – a success story of Czech reclamation work, Mine Planning and Equipment Selection Conference, October 20-22. Beijing, China, PP. 23-27.

World Bank. 1998. Report 22, 15p.

Warhurst, A., Noronha, L. 2000. Environmental policy in mining corporate strategy and planning for closure, 513p. CRC Press LLc.

Zhang, J., Fu, M., Zhou, J. 2008. Change and ecological use mode of surface subsidence in Jinggezhuang mining area in China. Mine Planning and Equipment Selection Conference. October 20-22, Beijing, China, 768-776.

Archive of SID

www.SID.ir