فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال نهم، شماره ۳۲، پاییز ۱۳۹٤

مدیریت اثرات سوء زیست محیطی ناشی از معدن‌کاری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی (مطالعه موردی: منطقه معدنی چادرملو)

آرش ابراهیم آبادی

استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر.A.Ebrahimabadi@Qaemshahriau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹٤/۱/۱۹ تاریخ تصویب :۹٤/۸/۳۰

چکیده

از مهم‌ترین اثرات سوء زیست‌محیطی ناشی از معدن‌کاری، تخریب منطقه معدنی حاصل از فعالیت‌های استخراجی و تحت تاثیر قرارگرفتن اکوسیستم منطقه است. وسعت زمین‌های تحت تاثیر فعالیت‌های معدن‌کاری به‌ویژه محل‌های انباشت باطله نیز روز به‌روز افزایش می‌یابد. درنتیجه مدیریت این اثرات و بازسازی زمین‌ها پس از معدن‌کاری، نقش مهمی در کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی ایفا می‌کند. انتخاب گونه گیاهی مناسب و کاشت آن به‌منظور حفظ محیط زیست منطقه و بازسازی معدن از مهم‌ترین اقدامات در جهت محافظت از محیط منطقه معدن‌کاری شده است. در این راستا در این پژوهش به انتخاب گونه گیاهی برای بازسازی معدن سنگ آهن چادرملو یزد پرداخته شد. برای انتخاب گیاهان مناسب برای بازسازی معدن و کاشت گیاهان در این منطقه، ابتدا براساس نوع گیاهکاری، سازگاری گیاهان باشرایط اقلیمی و آب و هوا و خاک ناحیه، چند گونه گیاهی، انتخاب شد و سپس براساس معیارهای چشم‌انداز منطقه، مقاومت در برابر بیماری و حشرات، قدرت و نحوه رشد، دسترسی به گونه گیاهی، بازدهی اقتصادی، حفاظت از خاک و ذخیره آب، جلوگیری از انواع آلودگی‌ها، مناسب‌ترین گونه‌ها انتخاب شدند. ماتریس‌های تصمیم‌گیری بر اساس پرسشنامه‌های اهمیت معیارها و گزینه‌ها که توسط کارشناسان تکمیل گردیده، به دست آمدند و گونه‌های گیاهی بر اساس عوامل ثانویه (معیارها)، با روش‌های TOPSIS فازی و AHP فازی، اولویت‌بندی شدند. در نهایت، مناسب‌ترین گونه‌های گیاهی در محدوده معدن‌کاری در هر دو روش، درمنه دشتی رتبه اول و سالسولای یزدی و انواع شور امتیازات تقریبا برابر و قیچ کمترین امتیاز را به‌دست آورده اند. در این پژوهش، نتایج یکسانی با هر دو روش به‌دست آمد.

واژگان کلیدی: اثرات سوء زیست محیطی، فعالیت‌های معدن‌کاری، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، معدن چادرملو، درمنه دشتی.

مقدمه

امروزه حفظ محیط زیست، یکی از مسائل قابل توجه برای همه کشورها است. در مناطقی که معادن جدید کشف و استخراج می‌شوند، اثرات زیست محیطی وجود خواهند داشت. احیای اراضی و آماده سازی زمین استخراج شده برای استفاده مجدد از زمین معدن‌کاری شده، بیشتر در معادن سطحی مطرح است. بازسازی معدن به عنوان بخش جدایی نشدنی از طراحی کل معدن، باید از مراحل اولیه عملیات استخراج از معادن در نظر گرفته شود. به این ترتیب، علاوه بر حفاظت از محیط زیست، زمین‌هایی به چرخه تولید باز می‌گردند (Osanloo & Parsaee, 2004). گیاهان به عنوان یکی از اجزای مهم در بخش زنده اکوسیستم‌های مرتعی روابط تنگاتنگی با دیگر اجزای آنها دارند. حفاظت، احیاء و توسعه پایدار در بخش منابع طبیعی مستلزم شناخت هرچه بیشتر این روابط می‌باشد.

گیاهان، نقش عمده ای در زندگی موجودات زنده، حفظ طبیعت و تعادل اکوسیستم ایفا می‌نمایند. درک ارتباط گیاهان با عوامل اکولوژیک و چگونگی بهره برداری بهینه، به عنوان اطلاعات پایه‌ای است که بر پایداری و استمرار حیات آنها در عرصه‌های منابع طبیعی تاثیر می‌گذارند. پیرامون روابط بین گونه های گیاهی و سایر عوامل زنده محیط و نیز پدیده‌های طبیعی که مرتبط با حیات این گونه ها می‌باشند، مطالعات بسیاری صورت گرفته است. هرچند عوامل متعددی در تشکیل بیابان دخالت دارند، ولی نقش پوشش گیاهی به لحاظ انعکاس شرایط محیط طبیعی، در شناسایی و تفکیک مناطق بیابانی به خوبی آشکار است. اولین موردی که در رابطه با بیابان به ذهن متبادر می‌شود، نبود یا کمبود آب یا رطوبت و همچنین نبود یا کمبود پوشش گیاهی است. هرچند عوامل متعددی در تشکیل بیابان نقش دارند، ولی می‌توان پوشش گیاهی را به عنوان نماد و برآیند اثر مشترک این عوامل در نظر گرفت. به طوری که (Goudie , 1985) پوشش گیاهی کم یا فقدان پوشش گیاهی زمین را به عنوان معیاری جهت ترسیم قلمرو بیابان بیان کرده است، در حالی که (Nir ,1974) شناسایی قلمرو مناطق خشک را در گرو تحقیق در موارد مختلف همچون خاک شناسی و گیاه‌شناسی دانسته است. در بعضی موارد حتی ژئومورفولوژیست‌ها که برای شناسایی و تفکیک بیابان تنها به شکل زمین توجه دارند، از شاخص پوشش گیاهی برای این کار استفاده کرده‌اند. در این زمینه مناطقی که پوشش گیاهی تنک دارند و ضریب پوشش آن کمتر از ۵ تا ۱۰ درصد است، جزء بیابان واقعی محسوب شده است (Shant, 1956). در مناطق بیابانی ایران، استقرار و پراکندگی پوشش گیاهی مناطق بیابانی متناسب با مؤلفه‌های میزان و پراکندگی بارندگی، نوسانات درجه حرارت، رطوبت، منابع آب سطحی و زیرزمینی، شرایط توپوگرافی و فیزیوگرافی، سازندهای زمین‌شناسی، بافت و ساختمان خاک است. تراکم و تنوّع گونه‌های گیاهی اعم از بوته‌ای، درختچه‌ای و درختی، نقش حیاتی در ساختار اجتماعی- اقتصادی مناطق بیابانی ایفا می‌کند. علوفه دام و سایر بهره‌برداری‌ها از مراتع، تأمین چوب و سایر فراورده‌های جنگلی، تثبیت ماسه‌های روان، جلوگیری از هدر رفت آب و خاک، بستر حیات وحش، همه حکایت از اهمیت و جایگاه پوشش گیاهی در منابع طبیعی و ساختارهای اجتماعی- اقتصادی و زیست محیطی مناطق بیابانی ایران دارد. اغلب گیاهان طبیعی مناطق بیابانی ایران خشکی‌زی، شوری‌زی، ماسه‌زی، گچ‌زی، آهک‌زی، بوده و به عبارت دیگر نوع پوشش گیاهی تا حد بسیار زیادی تابع نوع بستر و بخصوص ویژگی‌های خاص خاک‌های چنین مناطقی است. ضرورت انجام این پژوهش این است که در معدن سنگ آهن چادرملو، باید به برنامه-های نوسازی توجه شود و در این منطقه پوشش گیاهی را گسترش داد. در سال‌های گذشته تحقیقاتی انجام شده است که به عنوان مثال (Soltanmohammadi et al. 2010) از روش‌های تصمیم‌گیری AHP و TOPSIS برای انتخاب نوع استفاده مجدد از زمین معدن‌کاری شده استفاده کردند. تاثیرات مفید گیاه کاری در زمین معدنکاری شده توسط (Alexander ,1996) و (Paschke ,2003) به‌دست آمدند(ابوالقاسمی و همکاران، ۱۳۸٤). پوشش گیاهی منطقه راور- بهاباد از استان یزد را بررسی کردند (دشتکیان و همکاران ۱۳۸۰). در ۳ پژوهش جداگانه، در مورد گونه‌های گیاهی ناحیه آباده، اردکان- میبد، یزد را تحقیق کردند(قادری ،۱۳۸۲).

پوشش گیاهی طبس و (Reyhan & Amiraslani , 2006) رابطه بین پوشش گیاهی و مشخصات فیزیکو شیمیایی خاک را در ناحیه طبس بررسی کردند (Carrick ,2007).

در عوامل رشد گیاهان روی خاک معدن‌کاری شده را ارزیابی کردند (Bangian & Osanloo , 2008) گونه‌های گیاهی برتر، برای بازسازی و گیاه‌کاری در زمین معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی را انتخاب کردند (علوی و همکاران ،۱۳۸۹). بهترین گونه‌های گیاهی برای بازسازی معدن مس سرچشمه و چغارت را به روش AHP فازی انتخاب کردند. اهداف این پژوهش، انتخاب گونه گیاهی مناسب برای بازسازی زمین معدن سنگ آهن چادرملو، حفظ محیط زیست و زیباسازی مناطق اطراف این معدن می‌باشند که با روش‌های نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره شباهت به گزینه ایده‌آل فازی (TOPSIS فازی) و تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP فازی) بهترین گونه‌های گیاهی و درختچه‌های بومی محلی اولویت بندی شدند. به منظور رفع عدم قطعیت برخی داده‌ها، پروفسور عسگر لطفی‌زاده برای اولین بار در سال ۱۹٦۵ تئوری مجموعه‌های فازی را معرفی کرد. در تحقیق حاضر، اعداد فازی مثلثی(l, m, u) استفاده شد. پارامترهای l، m و u، به ترتیب کوچکترین مقدار ممکن، ارزش نویدبخش و بزرگترین مقدار ممکن را نشان می‌دهند (Zadeh, 1965). برای اولین بار فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) توسط توماس ال ساعتی، ارائه شده است که به طور گسترده‌ای در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره استفاده می شود که ساختار سلسله مراتبی دارد و شامل هدف، معیارها، گزینه‌ها می‌باشد (Momeni, 2009).در این مطالعه AHP فازی توسعه‌ای (Extent Analysis Method) استفاده شده است (Chang, 1996). روش TOPSIS ابتدا توسط یون و هوانگ ارائه شده است.

مفهوم اساسی این روش این است که باید گزینه انتخابی کوتاه‌ترین فاصله از راه حل ایده آل مثبت و دورترین فاصله از راه حل ایده آل منفی را داشته باشد.. سپس در سال ۲۰۰۰ روش TOPSIS در محیط فازی گسترش داده شد (Chen, 2000).

مواد و روش‌ها

چادرملو ترکیبی مختصر شده از سه لغت چاه، دره و ملون می‌باشد که ملون در زبان فارسی به معنی نوعی گربه وحشی است. کانسار آهن چادرملو، بزرگترین کانسار آهن در ایران است که در منطقه آهن خیز بافق – ساغند قرار دارد. این کانسار در استان یزد و در فاصله ۱۸۰کیلومتری شرق- شمال شرق شهر یزد و ٦۵ کیلومتری شمال شهرستان بافق و ۵۰ کیلومتری شمال معدن چغارت قرار دارد. معدن چادرملو در دامنه شرقی رشته کوههایی که در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی، فروافتادگی بافق را همراهی می کنند، واقع شده و در جهت شمال به کویر ساغند و در سمت شمال شرقی به کویر نمک محدود می‌شود (بداغ آبادی و عطایی، ۱۳۸۳). در غرب این رشته کوهها، کویر کور یا کویر بافق و در شرق آن دشت بهاباد که دشتی نسبتاً پرآب و حاصلخیز است، با مرکزیت بهاباد قرار گرفته است. کلیه رودخانه‌های این منطقه اصولاً در طول سال به استثنای ایام کوتاهی که در اثر باران‌های سیل آسا آبدار می‌شوند، خشک و بدون آب می‌باشند. مهمترین رودخانه این منطقه، رودخانه شور است که ۵ تا ۱۰ روز در سال آب دارد و به دریاچه نمک می‌ریزد. با توجه به مجاورت کویرهای مرکزی و لوت و کویرهای کوچک و بزرگ پراکنده، منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک بیابانی می‌باشد. زمستان با دمای حداقل مطلق منفی ۱۸ درجه و تابستان‌های طولانی با حداکثر مطلق درجه حرارت ٤٧/٦ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی بسیار پایین در اغلب ایام سال، مشخصه آب و هوای این منطقه است.

به طور کلی میزان بارندگی سالیانه در مناطق کویری استان یزد، دارای نوسانات بسیار شدید در سالهای مختلف است. پوشش گیاهی منطقه بسیار اندک است و تنها در پاره ای از نقاط، گیاهان مقاوم در مقابل خشکی و گرما و شوری، قابل رشد هستند (بداغ آبادی و عطایی، ۱۳۸۳).

عوامل گوناگون برای انتخاب گونه های گیاهی در طرح بازسازی معادن، به دو گروه اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. عوامل اولیه آن دسته از عواملی هستند که گونه‌های گیاهی سازگارتر با شرایط منطقه، از میان گیاهان مختلف، انتخاب شده که حتماً باید دارای تناسب و هماهنگی لازم با آنها باشند. این عوامل برای گلچین کردن گونه‌های گیاهی اولیه بر اساس شرایط خاص منطقه مورد مطالعه، برای آسان شدن عملیات انتخاب در مرحله بعدی هستند. عوامل ثانویه معیارهایی هستند که اهمیت گونه های گیاهی منتخب از عوامل اولیه بر اساس آنها، در منطقه مشخص می‌گردند و گونه های گیاهی منتخب نسبت به یکدیگر اولویت‌بندی می‌شوند (Osanloo, 2001).

الف) عوامل اولیه: نوع استفاده مجدد از زمین معدن، زمین شناسی و اقلیم منطقه، پارامترهای خاک‌شناسی منطقه نوع استفاده مجدد از زمین، شرایط اقلیمی منطقه، طبیعت خاک. برای استفاده مجدد از زمین‌های معدنی چند مورد در نظر گرفته شده است که بسته به شرایط، یکی از آنها انتخاب می‌گردد که عبارتند از: کشتزار، مراتع و چراگاه، نهالستان، دریاچه و آبگیر، زمین ورزشی، جنگل‌کاری، مجتمع مسکونی، پارک و فضای آزاد، استفاده تجاری، کاربرد صنعتی، زیستگاه حیوانات وحشی، استفاده آموزشی (Soltanmohammadi et al., 2010). در این مرحله، فقط گونه‌هایی که با نوع استفاده مجدد از زمین، که در این پژوهش گیاه‌کاری انتخاب گردیده است، هماهنگی دارند، به مرحله بعد راه می‌یابند. در مرحله بعد گونه‌های موجود نسبت به عامل اصلی دوم مورد بررسی قرار می‌گیرند. منطقه معدنی چادرملو، دارای اقلیم خشک بیابانی و آب و هوای بسیار گرم کویری و رطوبت خیلی کم است. متوسط درجه حرارت منطقه، ۲۲/٤ درجه سانتیگراد و مقدار نزولات جوی برای منطقه تا ۱۰۷ میلی متر در سال است. کیفیت خاک منطقه نیز به عنوان فاکتور سوم برای عوامل اصلی، از میان گونه های منتخب بر اساس فاکتورهای اول و دوم برخی از گزینه‌ها را مردود می‌نماید. جنس خاک محل مورد نظر با توجه به اسیدی یا قلیایی بودن، شوری، وجود فلزات و مواد آلی، مورد بررسی قرار می‌گیرد که در این منطقه میزان آهن، گوگرد و فسفر و نمک در خاک منطقه زیاد است. گیاهان درمنه دشتی باA1 ،قیچ باA2، سالسولای یزدی باA3 و مجموعه‌ای از گیاهان شورپسندباA4 و با توجه به عوامل اصلی، انتخاب شدند.

ب) عوامل ثانویه: با مشورت از متخصصین جنگل‌داری، کارشناسان منابع طبیعی و مهندسان معدن منطقه، هفت معیار اصلی که همه عوامل را در بر می‌گیرند، انتخاب شدند که عبارتند از: C1 چشم انداز منطقه، C2 مقاومت در برابر بیماری‌ها و حشرات (بر اساس طول عمر درخت و پایداری سرمایه گذاری طرح)، C3 قدرت و چگونگی رشد (بر اساس اهمیت پوشش سریع و نرخ رشد در طرح جنگل‌کاری)، C4 در دسترس بودن گیاه (حمل و نقل آسان)، C5 بازدهی اقتصادی (به منظور کسب درآمد و ایجاد اشتغال برای ساکنین)، C6 حفاظت از خاک و ذخیره سازی آب (وظیفه اصلی درختان در مناطق خشک)، C7 جلوگیری از انواع آلودگی‌ها (جهت تلطیف هوای منطقه آلوده معدنی). ابتدا با قضاوت شفاهی کارشناسان مربوطه، ۸ پرسشنامه به دست آمدند که در ادامه در جداول ۱و۲ ، دو برای نمونه آورده شده اند که توسط کارشناسان مربوطه به پرسشنامه صورت کیفی، پر شده اند.

جدول۱- پرسشنامه اهمیت معیارها با ملاحظه هدف

معیار / اهمیت کیفی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
چشم انداز منطقه		*			
مقاومت در برابر بیماری‌و حشرات					*
نحوه و قدرت رشد					*
دسترسی به گونه گیاهی			*		
بازدهی اقتصادی			*		
حفاظت از خاک و ذخیره آب					*
جلوگیری از آلودگی‌ها			*		

جدول۲- پرسشنامه اهمیت معیار حفاظت ازخاک و آب

گزینه/ اهمیت در C٦	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
درمنه دشتی					*
قیچ					*
سالسولای یزدی				*	
گیاهان شور				*	

جدول۳- تبدیل اهمیت کیفی زبانی به اهمیت کمی قطعی (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)

مقادیر کیفی قضاوت	مقادیر اعداد فازی
خیلی کم	۱،۲،۳
کم	۲،۳،۵
متوسط	۳،۵،۷
زیاد	۵،۷،۹
خیلی زیاد	۷،۹،۹

با توجه به هفت معیار، هفت پرسشنامه گزینه‌ها نسبت به معیارها وجود دارند. ضریب اهمیت پرسشنامه‌های اولیه در جدول ۳ مشخص است که متغیر زبانی به اعداد فازی ریاضی تبدیل شده و بر اساس آن، ماتریس‌ها به وجود آمدند.

انتخاب گونه گیاهی براساس مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multiple Criteria Decision Making):

الف- فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، الگوریتم این روش به شرح زیر است (Momeni, 2009).

۱- رسم ساختار سلسله مراتبی

۲- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی نسبی (در جداول۵ و ٦ به طور نمونه آورده شده است.)

۳- تعیین وزن های نسبی که در فرمول های بعدی مشاهده می‌شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \quad (۱)$$

$\otimes$ =ضرب فازی

$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$= جمع ستونی جمع فازی اعداد سطر،

$\sum_{j=1}^{n} M_{gi}^{j}$= جمع فازی اعداد درهر سطر

$$V(M_2 \geq M_1) = \quad (۲)$$

$$\begin{cases} 1 & IF\ m_2 \geq m_1 \\ 0 & IF\ L_1 \geq U_2 \\ \dfrac{L_1 - U_2}{(m_2 - U_2) - (m_1 - L_1)} & OTHERWISE \end{cases}$$

$V(M_2 \geq M_1)$ = درجه بزرگی M2 (S اول) به M1 (S دوم)

$d'(A_I)$ = وزن نرمال نشده (مینیمم اعداد هر سطر)

$$d'(A_I) = \min V\,(S_i \geq S_k) \qquad (۳)$$

$d'(A_I)$ = وزن نرمال نشده (مینیمم اعداد هر سطر)

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \ldots, d'(A_n))^T \qquad (٤)$$

ب – روش شباهت به گزینه ایده آل فازی، الگوریتم این روش به شرح زیر است (Momeni, 2009):

۱– ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل می‌شود. با استفاده از پرسشنامه‌ها، ماتریس‌های تصمیم‌گیری گزینه‌ها به معیارها بدست آمدند. با توجه به عوامل ذکر شده و نظرات کارشناسان، پرسشنامه‌هایی آماده شد که به طور نمونه، پرسشنامه اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر در جدول ۱ و پرسشنامه مقایسه گزینه‌ها با توجه به معیار ششم (حفاظت از خاک و آب)، در جدول۲ آمده اند. ماتریس تصمیم گیری در جدول ٤ آمده است. در زیر، ضریب اهمیت‌های پرسشنامه‌ها به صورت کیفی و کمی آمده است. اهمیت‌های کمی، جایگزین توصیف‌های کیفی شد. اعداد فازی برای بیان متغیرهای زبانی در ماتریس تصمیم‌گیری (۱تا۹) تعریف شده که خیلی کم (۱،۲،۳) , کم (۲،۳،۵) , متوسط (۳،۵،۷) , زیاد (۵،۷،۹) , خیلی زیاد (۹،۹،۷) هستند (علوی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲– وزن معیارها مشخص می‌شود: برداروزن (۰تا۱) از نرمالایز کردن ضریب اهمیت ها بدست آمد که از تقسیم اعداد فازی کمی اهمیت‌ها بر مجموع آنها حساب شد که در زیر مشاهده می‌شود. (۱=۰.۰۳۷ ، ۲=۰.۰۷٤ ، ۳=۰.۱۱۱ ، ۵=۰.۱۸۵ ، ۷=۰.۲۵۹ ، ۹=۰.۳۳۳)

۳– بدون بعد کردن ماتریس تصمیم: برای معیار مثبت، در هر ستون بیشترین عدد انتخاب شده، سپس همه درایه‌ها بر آن تقسیم می‌شوند. برای معیار منفی، کمترین عدد برای هر ستون انتخاب شده و بر همه درایه‌ها تقسیم می‌شوند. (با این نکته که در مخرج، جای کران پایین و کران بالا عوض می‌شوند). چون در این تحقیق، همه معیارها مثبت است، فرمول‌ها بر اساس معیار مثبت است.

$$\tilde{r}ij = \left(\frac{a_{ij}}{cj^*}, \frac{b_{ij}}{cj^*}, \frac{c_{ij}}{cj^*}\right) \quad cj^+ = max_j\, c_{ij} \qquad (۵)$$

a_{ij} ،مولفه اول: ماکزیمم مولفه های هر cj^+ ستون:

٤– تشکیل ماتریس بدون بعد وزن دار شده

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij\,(.)} \tilde{W}_{ij} \qquad (٦)$$

۵– تعیین حل ایده آل فازی و ضد ایده آل فازی(FPIS و FNIS): حل ایده‌آل برای معیار مثبت، ماکزیمم مولفه سوم و برای معیار منفی، مینیمم مولفه سوم، در هر ستون بدست می‌آید. حل ضد ایده‌آل برای معیار منفی، مینیمم مولفه اول و ماکزیمم مولفه اول، در هر ستون، بدست می‌آید.

Vj^+ = ایده‌آل ترین هر ستون

$$Vj^+ = \max_i\{\tilde{v}_{ij3}\} \qquad (۷)$$

Vj^- = غیرایده‌آل ترین هر ستون

$$Vj^- = \min_i\{\tilde{v}_{ij1}\} \qquad (۸)$$

٦- تعیین فاصله از حل ایده آل و ضد ایده آل

$$d_i^+ = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}(\tilde{V}_{ij} - V_j^+)^2} \quad (٩)$$

d_i^+ = فاصله از حل ایده‌آل

d_i^- = فاصله از حل ضد ایده‌آل

$$= \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}(\tilde{V}_{ij} - V_j^-)^2 d_i^-} \quad (١٠)$$

٧- تعیین شاخص شباهت(ضریب نزدیکی)

$$CC = \frac{d^-}{d^- + d^+} \quad (١١)$$

٨- اولویت بندی گزینه ها: بر اساس بزرگی شاخص شباهت (ضریب نزدیکی) انجام شد.

یافته ها

ابتدا چندین گونه گیاهی که در حوالی معدن سنگ آهن چادرملو توانایی رویش دارند، به عنوان گزینه‌ها مورد بررسی قرارگرفت. فرم پرسشنامه باتوجه به اعمال نظر از متخصصین جنگل‌داری، کارشناسان منابع طبیعی و مهندسان معدن منطقه تکمیل گردید.

جدول٤- ماتریس تصمیم گیری گزینه‌ها نسبت به معیارها برای روش TOPSIS فازی

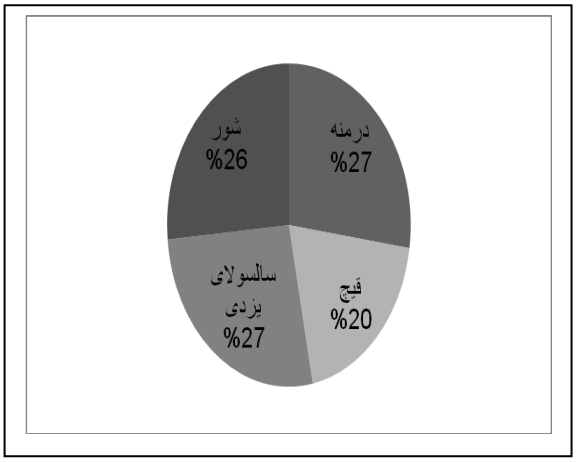
	چشم انداز منطقه	مقاومت در برابر بیماری و حشرات	قدرت و نحوه رشد	دسترسی به گونه گیاهی	بازدهی اقتصادی	حفظ آب و خاک	جلوگیری از آلودگی
درمنه دشتی	٢،٣،٥	٧،٩،٩	٧،٩،٩	٧،٩،٩	٣،٥،٧	٩،٩،٧	٣،٥،٧
قیچ	٣،٥،٧	٢،٣،٥	٣،٥،٧	٢،٣،٥	٣،٥،٧	٧،٩،٩	٣،٥،٧
سالسولای یزدی	٢،٣،٥	٧،٩،٩	٧،٩،٩	٣،٥،٧	٣،٥،٧	٥،٧،٩	٣،٥،٧
انواع شور	٢،٣،٥	٧،٩،٩	٧،٩،٩	٣،٥،٧	٣،٥،٧	٥،٧،٩	٣،٥،٧

جدول ٥- ماتریس های مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به یکدیگر، برای معیار حفاظت

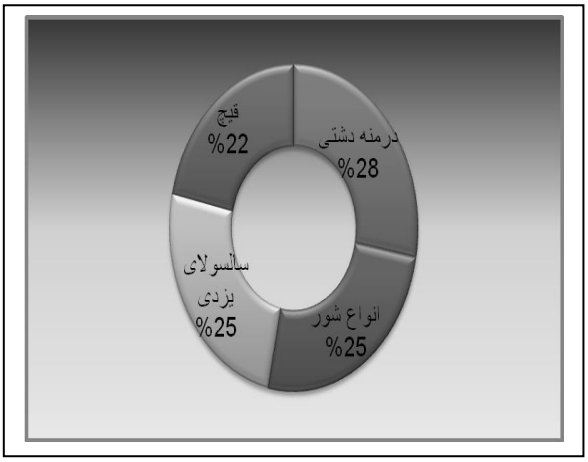
C٦	A1	A2	A3	A4	وزن
درمنه دشتی	١ ١ ١	١ ١ ١	٠/٧٧٧ ١/٢٨٥ ١/٨	٠/٧٧٧ ١/٢٨٥ ١/٨	٠/٢٨٩
قیچ	١ ١ ١	١ ١ ١	٠/٧٧٧ ١/٢٨٥ ١/٨	٠/٧٧٧ ١/٢٨٥ ١/٨	٠/٢٨٩
سالسولای یزدی	٠/٥٥٦ ٠/٧٧٨ ١/٢٨٥	٠/٥٥٦ ٠/٧٧٨ ١/٢٨٥	١ ١ ١	١ ١ ١	٠/٢١١
انواع شور	٠/٥٥٦ ٠/٧٧٨ ١/٢٨٥	٠/٥٥٦ ٠/٧٧٨ ١/٢٨٥	١ ١ ١	١ ١ ١	٠/٢١١

جدول٦- ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها نسبت به هدف

هدف	C۱	C۲	C۳	C٤	C٥	C٦	C۷	وزن
C۱	۱ ۱ ۱	۰/۲۲۲ ۰/۳۳۳ ۰/۷۱٤	۰/۲۲۲ ۰/۳۳۳ ۰/۷۱٤	۰/۲۸٥ ۰/٦ ۱/٦٦۷	۰/۲۸٥ ۰/٦ ۱/٦٦۷	۰/۲۲۲ ۰/۳۳۳ ۰/۷۱٤	۰/۲۸٥ ۰/٦ ۱/٦٦۷	۰/۰۸٦
C۲	۱/٤ ۳ ٤/٥	۱ ۱ ۱	۱ ۱ ۱	۱ ۱/۸ ۳	۱ ۱/۸ ۳	۱ ۱ ۱	۱ ۱/۸ ۳	۰/۱۸۸
C۳	۱/٤ ۳ ٤/٥	۱ ۱ ۱	۱ ۱ ۱	۱ ۱/۸ ۳	۱ ۱/۸ ۳	۱ ۱ ۱	۱ ۱/۸ ۳	۰/۱۸۸
C٤	۰/٦ ۱/٦٦۷ ۳/٥	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۱ ۱ ۱	۱ ۱ ۱	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۱ ۱ ۱	۰/۱۱۷
C٥	۰/٦ ۱/٦٦۷ ۳/٥	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۱ ۱ ۱	۱ ۱ ۱	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۱ ۱ ۱	۰/۱۱۷
C٦	۱/٤ ۳ ٤/٥	۱ ۱ ۱	۱ ۱ ۱	۱ ۱/۸ ۳	۱ ۱/۸ ۳	۱ ۱ ۱	۱ ۱/۸ ۳	۰/۱۸۸
C۷	۰/٦ ۱/٦٦۷ ۳/٥	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۱ ۱ ۱	۱ ۱ ۱	۰/۳۳۳ ۰/٥٥٦ ۱	۱ ۱ ۱	۰/۱۱۷



شکل ۱- نمودار امتیازات گونه های گیاهی برای کاشت گیاهان برتر در معدن آهن چادرملو به روش AHP فازی



شکل ۲- نمودارامتیازات گونه های گیاهی برای کاشت گیاهان برتر در معدن آهن چادرملو به روشTOP SIS

در AHP فازی، تصمیم گیرندگان، یک پرسشنامه معیارها به هدف و هفت پرسشنامه گزینـه‌ها به معیارها را تشـکیل دادند. در این تحقیق، تعداد ۱۶۱ مقایسه زوجی انجام شد و به عنوان قضاوت‌های سازگار پذیرفته شدند. با توجه به ترکیبی از وزن معیارها و گزینه‌های مختلف، بهترین گزینه با سازگاری خوب، تعیین شد. با توجه به روش AHP فازی، بهترین گزینه درمنه دشتی است و رتبه بندی گزینه‌ها عبارتند از: A1> A3>= A4>A2 (شکل ۱). در TOPSIS فازی، پس از آنکه FPIS و FNIS ، تعریف شدند، فاصله از هر گزینه برای آنها محاسبه شد و سپس ضریب نزدیکی هر گزینه به طور جداگانه محاسبه شد. با توجه به ضریب نزدیکی چهار گزینه، رتبه بندی چهار گزینه همانند روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به دست آمد که: A1> A3>= A4>A2 (شکل۲).

روش تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک نمی‌تواند طرز فکر بشر را به درستی نشان دهد. این روش سنتی اغلب به خاطر استفاده از مقیاس‌های بدون توازن قضاوت‌ها و ناتوانی آنها در مدیریت مناسب عدم قطعیت داده‌ها و عدم صراحت در فرایند مقایسه زوجی، مورد انتقاد قرار می‌گیرد. بنابراین در این تحقیق، هر دو روش AHP فازی و روش TOPSIS فازی که روش‌های جدید و کامل هستند، برای انتخاب گونه های گیاهی مناسب برای طرح بازسازی معدن مس چادرملو، مناسب تشخیص داده شدند. نتایج حاکی از آن است که روش AHP فازی نیاز به محاسبات بیشتر و پیچیده تر از TOPSIS فازی دارد. از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، از تصمیم گیرنده‌ها و کارشناسان برای قضاوت درباره هر یک از اهمیت‌های نسبی یک معیار در مقابل دیگری یا برتری یک گزینه نسبت به گزینه دیگر در حیطه هر معیار، سوال پرسیده شد. به هر حال زمانی که تعداد گزینه‌ها و معیارها زیاد شوند، فرایند مقایسه زوجی، دست و پا گیر شده و ریسک تناقض و ناسازگاری بالا می‌رود. برای جلوگیری از این ریسک، سعی شد که معیارها و گونه‌های گیاهی با تعداد کمتر، ولی از دقت و ترجیح بیشتر انتخاب شده و همه شرایط را پوشش دهند. نتایج رتبه‌بندی AHP فازی و TOPSIS فازی در این تحقیق یکسان بوده است. این نشان می‌دهد که زمانی که تصمیم گیرندگان با خودشان در تعیین داده‌ها سازگار و موافق باشند، از دو روش به طور مستقل، نتایج رتبه بندی، یکسان خواهند شد. برای آنکه نقش عملیات معدنی در آلوده کردن محیط زیست و راه‌های پیشگیری از آن مشخص‌تر گردد، باید در نظر داشت که چه مراحلی در طی یک عملیات استخراجی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا کانه از معدن استخراج شود و سپس در مورد هر یک از عملیات استخراجی، تأثیر آن را بر روی محیط زیست مورد تحلیل و بررسی قرار داد و راه‌کارهای جلوگیری از پیشرفت آلودگی‌ها ارائه شوند و برنامه‌های کنترلی منابع آب، فرسایش خاک، آلودگی‌های زیست محیطی و کنترل پوشش گیاهی منطقه اجرا شوند. گیاهان منطقه بافق، دارای خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی خاصی هستند که باعث می‌شوند از حداقل ذخیره رطوبتی در خاک و هوا استفاده کنند و اندوخته رطوبتی گیاه نیز کمتر از حد معمول تلف شود. عمیق ترین سیستم ریشه‌ای برای جذب آب از اعماق پایین‌تر خاک، خاردارشدن ساقه‌ها و کوچک شدن سطح برگ‌ها، برای کاهش میزان تبخیر، وجود پوششی مومی و چرب در سطح برگ‌ها، افزایش اندام‌های ذخیره کننده رطوبت، گوشتی و آبدارشدن ساقه و نمونه‌ای از این تغییرات مرفولوژیکی است که در گیاهان این ناحیه مشاهده شد. از نظر ساختار درونی و فیزیولوژیکی نیز، در گیاهان هورمون‌های تنظیم کننده خاص با توجه به خشکی اقلیم

منطقه و کمبود رطوبت ترشح می‌شوند و فرآیند تعرق گیاه از ساز و کار ویژه‌ای تبعیت می‌کند. گیاهان بر اساس خواهش‌های اکولوژیکی خود، مختص کاشت و رویش در مناطق خشک و کم آب و به ویژه اراضی شور هستند، که عمدتاً اراضی و آب‌های جاری در مناطق خشک و بیابانی به دلیل تبخیر زیاد شور هستند. به این گیاهان اصطلاحاً شور پسند گویند. ارقام و گونه‌های مختلفی از گیاهان شورپسند (انواع بوته تا درختچه‌ها و درختان) در نقاط خشک بافق رشد و نمو دارند که دارای کاربردهای بالقوه فراوانی نیز در مصارف مختلف هستند. گیاهانی که در این مناطق رشد می‌کنند، علاوه بر جلوگیری از فرسایش و حفظ خاک، نمادی از استقامت در گرمای کویر هستند. فقدان یا کمبود شدید بارندگی و منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک و اقلیم زیستی خاص این نواحی، سازگاری‌های ویژه‌ای در گیاهان بومی مناطق خشک به وجود آورده است تا امکان ادامه حیات را در شرایط تنش رطوبتی یا کیفیت نامناسب آب و خاک داشته باشند. وضعیت پوشش گیاهی هر منطقه‌ای متأثر از عوامل متعددی از جمله آب و هوا، خاک و مسایل اقتصادی و اجتماعی آن منطقه است، ولی به طورکلی اگر این عامل، مستقلاً برای ایجاد شرایط بیابانی موثر باشند، می‌توان آن را با شاخص‌هایی همچون، درصد تاج پوشش آن، تولید بالقوه و تیپ و ترکیب گونه‌های گیاهی و فرم رویشی گیاهان موجود، مورد بررسی قرار داد. بخش عمده‌ای از اراضی بافق که عمدتاً در مناطق بیابانی قرار دارند را مراتع فقیر تشکیل می‌دهند که بهره‌برداری از آنها به عنوان چراگاه، فاقد توجیه فنی و اقتصادی است. پوشش گیاهی غالب این مناطق خشک و بیابانی را بوته‌ای‌ها، درختچه‌های کوتاه قامت و علفی‌های یکساله با پوشش پراکنده و غیر متراکم تشکیل می‌دهند. در بعضی نقاط فقط یک فرم رویشی، پوشش منطقه را تشکیل می‌دهد و در برخی نواحی چند تیپ گیاهی در کنار هم می‌رویند. در بسیاری از مناطق بیابانی پوشش گیاهی محدود به آبراهه‌های حاصل از جاری شدن سیلاب است. فقدان پوشش گیاهی در سطح خاک، باعث وقوع سیلاب، خشکسالی، طوفان شن، کاهش حجم مخازن سدها، کاهش در تولید کشاورزی، درآمد، اشتغال شده و باعث فقر و مهاجرت می‌شود و فشارهای زیادی را به جامعه وارد می-نماید. درمنه دشتی (Artemisia sieberi) به گویش بیابان نشینان، ترخ شهرت دارد. این گیاه بوته‌ای بسیار معطر، عنصر اصلی و غالب اجتماعات گیاهی در استپ‌های خشک و نیمه خشک بافق محسوب می‌شود. ارتفاع این بوته بین ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر است و توسط گوسفندان مورد چرا قرار می‌گیرد. از جمله بوته‌های بسیار سازگار به شرایط سخت بیابان محسوب می‌شود که علاوه بر مصارف علوفه‌ای، بوته‌ای بسیار مقاوم در مقابل فرسایش بادی و نقش ارزنده‌ای را در حفاظت خاک این منطقه از بافق بر عهده دارد. این گروه از تیپ‌های گیاهی دارای بیشترین وسعت و پراکندگی در میان گروه‌های گیاهی است که ۲۸ تیپ گیاهی دارد. گیاه سالسولای یزدی (رندوک) از جمله گیاهان شور روی است که در بافق دارای پراکنش قابل توجهی است و مورد چرای شتر نیز واقع می‌گردد. به صورت ۵ تیپ گیاهی(رندوک- پرند، رندوک- اشنان، رندوک- اسکمبیل، رندوک- درمنه دشتی، رندوک-إفدرا) می‌روید. انواع گیاهان شورپسند در منطقه مورد مطالعه در این تحقیق نیز که تیپ‌های گیاهی متنوعی تشکیل می‌دهند، شامل سیاه شور، أشنان، شورگز، علف شور الوان، بهوه شور، قره داغ، گل شوره زار، می‌باشند که در مقابل شرایط سخت شوری بیابان، بهترین مقاومت را دارند.

نتیجه‌گیری

معدن‌کاری از جمله فعالیت‌هایی است که در صورت عدم مدیریت صحیح موجبات تخریب محیط زیست را پدید می‌آورد. مهم‌ترین این تاثیرات، تخریب محیط زیست منطقه معدنی و تغییر اکوسیستم منطقه است. برای مدیریت و کاهش صدمات زیست محیطی ناشی از معدن‌کاری، بازسازی معادن پس از پایان عملیات بهره برداری از ارکان اساسی در حفظ محیط زیست است. در این راستا و به منظور حفظ محیط زیست و معدن‌کاری بر مبنای توسعه پایدار، تحقیقی در خصوص تعیین و انتخاب بهینه گونه‌های گیاهی برای بازسازی معادن انجام شد که بدین منظور مطالعه‌ای موردی در مورد منطقه معدنی چادرملو (سنگ آهن چادرملو) انجام پذیرفت. از آنجا که مسئله انتخاب گونه گیاهی یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد، بدین منظور از روش‌های تصمیم‌گیری TOPSIS فازی و AHP فازی (به علت دقیق‌تر بودن و قابلیت اعتماد بالاتر)، برای انتخاب و اولویت‌بندی گونه های گیاهی در فرآیند بازسازی معدن چادرملو بهره گرفته شد. نتایج هر دو روش نشان داد که درمنه دشتی رتبه اول و سالسولای یزدی و انواع شور امتیازات تقریبا برابر و قیچ کمترین امتیاز را به‌دست آورده‌اند.

منابع

- **ابوالقاسمی، م.، میرحسینی، م.، دشتکیان، ک.، (۱۳۸٤)**، "شناخت مناطق اکولوژیک پوشش گیاهی منطقه بهاباد (شیت راور)، یزد"، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۰۰ ص.

- **بداغ آبادی، س.، عطایی، م.، (۱۳۸۳)**، "تعیین شیب پایدار دیواره‌های معدن سنگ آهن چادرملو"، کنفرانس مهندسی معدن ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ص۲.

-**دشتکیان، ک.، اختصاصی، م.ر.، مراد، م.ه.، (۱۳۷۹)**، "پوشش گیاهی منطقه اردکان -میبد .تهران"، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۹۳ ص.

-**دشتکیان، ک.، راد، م.ه.، ابوالقاسمی، م.، (۱۳۸۰)**، "پوشش گیاهی منطقه آباده. تهران"، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۱۵ ص.

-**دشتکیان، ک.، باغستانی،ن.، راد، م.ه.، ابوالقاسمی، م.، (۱۳۸۰)**،" تیپ های گیاهی منطقه یزد." ، تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۲۵ ص.

-**علوی، ا.، اکبری، ا.، پارسایی، م.، (۱۳۸۹)**، "انتخاب گونه گیاهی مناسب برای بازسازی معدن مس سرچشمه به روش AHP فازی"، انجمن علمی مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر، فصلنامه علمی تخصصی مهندسی معدن، بلور، سال پانزدهم، شماره ۲۹، ص ۱۰-۱۷.

-**قادری، ق.، توکلی، ح.، یوسفی، م.، (۱۳۸۲)**، "پوشش گیاهی منطقه طبس"، تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، شماره ۳۱۹، ص ۹۹.

-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, APCOM, pp 5.

-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, pp 77–85.

-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, ISSN 1991-8178, 5(12), pp 1075-1078.

-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, pp1-11.

-Carrick, P.J., Kruger, R., (2007), "Restoring degraded landscapes in lowland Namaqualand: Lessons from the mining experience and from regional ecological dynamics", Journal of Arid Environments, 32, pp 52–67.

-Chang, D.Y, (1996), "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, 95, pp 649– 655.

-Chen, C.T, (2000), "Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment", Fuzzy Sets and Systems, 114, pp 1–9

shrubs on mining disturbances in the rocky mountains, USA", Land Degradation and Development, 14, pp 459– 480.

-**Reyhan, M. K., Amiraslani, F., (2006),** "Studying the relationship between vegetation and physicochemical properties of soil, case study: Tabas region, Iran", Pakistan Journal of nutrition, 5 (2), pp 169-171.

-**Shant, H.L., (1956),** "History & problems of arid lands development", in White, G. F.(ed) the furure of arid lands. American society for the advancement of science Publication, 43 p.

-**Soltanmohammadi, H., Osanloo, M., Aghajani, A., (2010),** "An analytical approach with a reliable logic and a ranking policy for post-mining land-use determination", Land Use Policy, 27, pp 364–372.

-**Coppin, N.J., Bradshaw, A.D., (1982),** "Quarry reclamation: the establishment of vegetation in quarries and open pit non- metal mines", Mining Journal Books Ltd, London, England, pp 18–25.

-**Momeni, M., (2009),** "New topics in operational research", TEHRAN university, pp 1-63, 187-231.

-**Nir, D., (1974),** "The semi arid world", London, London, 461 p.

-**Osanloo, M., Parsaei, M., (2004),** Sarcheshmeh Copper Mine reclamation, safety congress, Iran, pp 316-325.

-**Osanloo, M., (2001),** "Mine Reclamation", AMIRKABIR University of Technology, pp 183-193.

-**Paschke, M.W., Redente, E.F., Brown, S.L., (2003),** "Biology and establishment of mountain

Management of Environmental Impacts due to Mining Operations Using Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Techniques (Case Study: Chadormaloo Mining Complex)

Arash Ebrahimabadi

Department of Mining, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

ABSTRACT

Destruction of area and changes in local ecosystem are viewed as the most important environmental impacts of mining operations in a region. Extents of disturbance area particularly waste dumps are also being increased as mining continues. Hence, environmental management and reclamation of mined lands play a major role in environmental protection in a specified mining region. With this respect, this paper describes optimum plant selection for reclamation process of mining in Chadormaloo mining complex as a case study. In all type of post mining land use such as Agriculture, Pasture, Forestry, Tourist attraction, Wild life creation, selection and planting the appropriate plant species is one the most essential requirements to successful implement the mine reclamation plan. The Research methodology is, Selecting of plant species that is on the basis of the primary factors that are: type of post mining land use, Climate, Nature of soil. Then priority is defined between the selected species, based on of the secondary factors by two Multiple Criteria Decision Making (MCDM) models that criteria are perspective of the region, resistance against disease and insects, strength and method of growth, availability of plant type, economic efficiency, protection of soil and storing water, prevention from pollution. These models are implemented by FUZZY AHP and FUZZY TOPSIS methods. The mentioned procedure was applied to Chadormaloo iron mine in Iran. Decision making was executed on the basis of oral judgments and experts' opinions in the case study. Results showed that among candidate plants, Artemisia sieberi, Salsola yazdiana, Halophytes types, and Zygophyllum, respectively, are ranked and prioritized as optimum plants for reclamation process using two methods.

Keywords: Environmental impacts, Mining operations, Fuzzy MCDM, Chadormaloo mining complex, Artemisia sieberi