مقایسه روش‌های TOPSIS فازی و AHP فازی برای انتخاب و کاشت گونه‌های گیاهی بومی (مطالعه موردی: منطقه معدنی مس سرچشمه)

ایرج علوی[۱*]، افشین اکبری[۲]، محمد عطایی[۳] و هادی کیادلیری[٤]

۱*) کارشناس‌ارشد مهندسی معدن، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. نویسنده مسوول: iraj_alavi@yahoo.com

۲) استادیار واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳) دانشیار ، دانشگاه صنعتی شاهرود.

٤) استادیار واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۳/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰٦/۲۳

چکیده

وسعت زمین‌های تحت تاثیر فعالیت‌های معدن‌کاری به ویژه محل‌های انباشت باطله، روز به روز افزایش می‌یابد. در نتیجه هر روز ضرورت اجرای احیای معادن نیز بیشتر می‌شود. انتخاب گونه گیاهی و کاشت آن به منظور حفظ محیطزیست منطقه و بازسازی معدن مس سرچشمه از مهمترین اهداف این پژوهش است. مطالعه موردی در منطقه معدنی سرچشمه در رفسنجان انجام شد. ابتدا گونه‌های گیاهی متناسب با فاکتورهای اولیه طرح بازسازی که استفاده مجدد از زمین معدن‌کاری شده، زمین‌شناسی و اقلیم منطقه، پارامترهای خاک‌شناسی منطقه می‌باشند، انتخاب شدند. سپس ماتریس‌های تصمیم‌گیری بر اساس پرسشنامه‌های اهمیت معیارها و گزینه‌ها که توسط کارشناسان تکمیل گردیده، به دست آمد. گونه‌های گیاهی بر اساس فاکتورهای ثانویه که 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 می‌باشند، با روش TOPSIS فازی و AHP فازی، اولویت‌بندی شدند. در نهایت، مناسب‌ترین گونه‌های گیاهی برای کاشت در محدوده معدن‌کاری و سد باطله معدن مس سرچشمه در هر دو روش به ترتیب اولویت، بادام وحشی، بنه (پسته وحشی)، گز، إفدرا، گون، سالسولا تعیین گردیدند.

واژه‌های کلیدی: احیای معادن، انتخاب گونه گیاهی، معدن مس سرچشمه، TOPSISفازی، AHP فازی.

مقدمه

امروزه حفظ محیط‌زیست، یکی از مسایل قابل توجه برای همه کشورهاست. در مناطقی که معادن جدید کشف و استخراج می‌شوند، اثرات زیست‌محیطی وجود خواهند داشت. احیای اراضی و آماده‌سازی 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 محیط‌زیست، زمین‌هایی به چرخه تولید باز می‌گردند (Osanloo & parsaei, 2004). به طور کلی زمین معدن باید اصلاح شود، به طوری که در نهایت، استفاده مجدد از زمین معدنی و ساختار سایت معدن و محیط‌زیست سایت باید باهم سازگار باشند (Soltanmohammadi *et al.*, 2010). بازسازی معادن، هم از نظر کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

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. جهت بازسازی یک معدن، به منظور هر نوع استفاده بعدی از زمین‌های تحت تاثیر و حفاظت از محیط‌زیست منطقه، انتخاب و کاشت گونه‌های گیاهی یکی از مراحل مهم است (Xia & Zhen, 2008).

ضرورت انجام این پژوهش آن است که در معدن مس سرچشمه کرمان به عنوان یکی از بزرگترین معادن روباز و یکی از قطب‌های معدنی و صنعتی کشور نیز باید به برنامه‌های نوسازی توجه شود. با توجه به اینکه معدن مس سرچشمه، مشکلات محیط‌زیستی زیادی برای مردم منطقه و اراضی و آب‌های زیرزمینی به وجود می‌آورد، برای زیبایی چشم‌انداز منطقه و حفاظت از محیط‌زیست، نیاز به احیاء روش‌های مختلف است که جنگلکاری، بهترین روش است. در سال‌های گذشته تحقیقاتی انجام شده است که به عنوان مثال فاکتورهای محدودکننده رشد گیاهان روی خاک معدن‌کاری شده با اشاره به جدی‌ترین محدودیت‌های خاک توسط arrick & Kruger (2007) ارزیابی شدند. تاثیرات مفید ایجاد پوشش گیاهی در زمین معدن‌کاری شده توسط Alexander (1996) و Paschke *et al.* (2003) به دست آمدند. Akbari *et al.* (2007) و Soltanmohammadi *et al.* (2010) با روش‌های تصمیم‌گیری، استفاده‌های ممکن از زمین‌های استخراج شده معدنی را بررسی کردند که کشتزار، باغ، چراگاه و مرتع، قلمستان، تولید الوار، جنگل و بوته‌زار و درختچه‌های بومی، فضای سبز، ساخت و ساز عنوان شده‌اند. Bangian & Osanloo (2008) گونه‌های گیاهی مناسب برای احیای زمین معدن مس سونگون اهر را به روش AHP ساده انتخاب کردند. علوی و همکاران (۱۳۸۹) بهترین گونه‌های گیاهی برای بازسازی معدن مس سرچشمه را به روش AHP فازی انتخاب کردند. همچنین Alavi & Alinejad (2011) گونه‌های برتر منطقه معدنی سونگون را با روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و شباهت به گزینه ایده‌آل فازی اولویت‌بندی کردند. رسولی (۱۳۸۳) گزارش کرد که در حاشیه مسیر بزرگراه تهران- قم، کشت شور گز موجب افزایش مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم و هدایت الکتریکی خاک شد. اهداف این پژوهش، انتخاب گونه گیاهی مناسب برای بازسازی زمین معدن مس سرچشمه، حفظ محیط‌زیست و زیباسازی مناطق اطراف این معدن هستند که با روش‌های نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS فازی و AHP فازی بهترین درختچه‌های بومی اولویت‌بندی شدند. برای اولین بار فرایند تحلیلی سلسله مراتبی[1] توسط توماس ال ساعتی، ارایه شده است که به طور گسترده‌ای در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره استفاده می‌شود که ساختار سلسله مراتبی دارد و شامل هدف، معیارها و گزینه‌ها می‌باشد. در این مطالعه AHP فازی توسعه‌ای[2] استفاده شده است که در اصل توسط Chang (1996) مطرح شد. روش TOPSIS ابتدا توسط یون و هوانگ ارایه شده است. مفهوم اساسی این روش این است که باید گزینه انتخابی کوتاه‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی را داشته باشد. Chen (2000)، TOPSIS را در محیط فازی گسترش داد.

[1] AHP
[2] Extent Analysis Method (EAM)

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

معدن مس سرچشمه به طور متوسط در ارتفاع ۲۶۲۰ متر، یکی از بزرگترین معادن مس جهان است که در ٦٥ کیلومتری جنوب غرب شهرستان رفسنجان واقع شده است. در این تحقیق، با توجه به پارامترهای لازم برای احیای زمین معدن، ابتدا مطالعات کلی در مورد محیط‌زیست گذشته و حال منطقه انجام شد. سرچشمه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل و خشک است. این منطقه کویری با بارندگی متوسط ۹۱ میلی‌متر و متوسط رطوبت نسبی ۳۸ درصد و تغییرات سالانه دما در منطقه بین منفی ۲۲ تا مثبت ۳۲ درجه سانتی‌گراد است. به علت وجود پیریت، اسیدیته خاک بالا است و مقدار سرب، مس، مولیبدن و سولفات بیش از حد استاندارد می‌باشد. گیاهان سازگار با شرایط اسیدی، جاذب این عناصر هستند و از رسیدن آلودگی به مناطق مسکونی پیشگیری می‌کنند (علوی و همکاران، ۱۳۸۹).

عوامل موثر در انتخاب گونه‌های گیاهی

عوامل گوناگون برای انتخاب گونه‌های 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 انتخاب 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 گونه‌های گیاهی منتخب از عوامل اولیه بر اساس آنها، در منطقه مشخص می‌گردند و گونه‌های گیاهی منتخب نسبت به یکدیگر اولویت‌بندی می‌شوند (اصانلو، ۱۳۸۰).

الف) عوامل اولیه

شامل نوع استفاده مجدد از زمین معدن، زمین‌شناسی و اقلیم، پارامترهای خاک‌شناسی منطقه می‌باشند. انتخاب اولیه از گونه‌های گیاهی مطالعه شده برای بازسازی معدن، متناسب با عوامل اولیه انجام شد. استفاده‌های بعدی از زمین معدن‌کاری شده عبارتند از: برگرداندن زمین به حالت اولیه، فعالیت‌های کشاورزی، حیات وحش و تبدیل کردن به جنگل، زیباسازی و ایجاد جاذبه‌های توریستی، ساختمان‌های آموزشی، تجاری، صنعتی و مسکونی، مرتع (Akbari *et al.*, 2007). در نتیجه در این مرحله، تنها گونه‌هایی از کل گونه‌های گیاهی موجود در استان کرمان که با جنگل‌کاری در این منطقه خشک، هماهنگ هستند، به مرحله بعدی راه یافتند. در مرحله دوم، از بین گونه‌های انتخاب شده در مرحله اول، گونه‌هایی انتخاب شدند که برای انواع زمین‌شناسی و شرایط اقلیمی محلی مناسب‌اند و گزینه‌های دیگر رد شدند. زمین شناسی و اقلیم منطقه عبارتند از: شیب و نوع زمین، روشنایی و نور خورشید، آب و هوا، رطوبت، دما، باد، باران، آلاینده‌های هوا. گیاهان مورد نظر باید سازگار با شرایط آب و هوایی منطقه باشند. کیفیت خاک و پارامترهای خاک‌شناسی منطقه نیز سومین عامل از عوامل اولیه است که از گونه‌های انتخاب شده بر اساس عوامل اول و دوم، برخی از گزینه‌ها رد شدند.

نوع خاک بر اساس عامل اسیدی یا قلیایی، شوری، فلزات سنگین، مواد آلی سنجیده می‌شوند

www.SID.ir

(اصانلو، ۱۳۸۰). در نهایت با درنظر گرفتن عوامل اولیه گونه‌های بنه =A_1، بادام کوهی =A_2، إفدرا =A_3، گون =A_4، سالسولا =A_5، گز =A_6، انتخاب شدند.

ب) عوامل ثانویه

با مشورت از کارشناسان تخصصی، هفت معیار اصلی که همه عوامل را در بر می‌گیرند، انتخاب شدند که عبارتند از: C_1 چشم‌انداز منطقه، C_2 مقاومت در برابر بیماری‌ها و حشرات (براساس طول عمر درخت و پایداری سرمایه‌گذاری طرح)، C_3 قدرت و چگونگی رشد (بر اساس اهمیت پوشش سریع و نرخ رشد در طرح جنگل‌کاری)، C_4 در دسترس بودن گیاه (حمل و نقل آسان)، C_5 بازدهی اقتصادی (به منظور کسب درآمد و ایجاد اشتغال برای ساکنین)، C_6 حفاظت از خاک و ذخیره‌سازی آب (وظیفه اصلی درختان در مناطق خشک)، C_7 جلوگیری از انواع آلودگی‌ها (جهت تلطیف هوای منطقه آلوده معدنی و کاهش آلودگی خاک). ابتدا با قضاوت شفاهی کارشناسان مربوطه، ۸ پرسشنامه به دست آمد که در ادامه در جداول ۱و۲ دو پرسشنامه برای نمونه آورده شده‌اند.

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.

جدول۱- پرسشنامه اهمیت معیارها نسبت به هم با ملاحظه هدف

معیار / اهمیت کیفی	خیلی‌کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی‌زیاد
چشم‌انداز منطقه				*	
مقاومت در برابر بیماری و حشرات					*
نحوه و قدرت رشد					*
دسترسی به گونه گیاهی			*		
بازدهی اقتصادی		*			
حفاظت از خاک و ذخیره آب					*
جلوگیری از آلودگی‌ها					*

جدول۲. پرسشنامه اهمیت گزینه‌ها نسبت به معیار حفاظت از خاک و آب

گزینه/ اهمیت در C۶	خیلی‌کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی‌زیاد
بنه					*
بادام کوهی				*	
إفدرا			*		
گون			*		
سالسولا			*		
گز				*	

www.SID.ir

جدول۳. تبدیل اهمیت کیفی زبانی به اهمیت کمی قطعی

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

اقتباس از: علوی و همکاران، ۱۳۸۹

انتخاب گونه گیاهی بر اساس مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره [1]

الف- فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی [2]

الگوریتم این روش به این شرح است (مومنی، ۱۳۸۷):

۱. رسم ساختار سلسله مراتبی.

۲. تشکیل ماتریس مقایسه زوجی نسبی.

۳. تعیین وزن‌های نسبی که در فرمول‌های بعدی مشاهده می‌شود.

رابطه (۱)

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

$\otimes$ = ضرب فازی،

رابطه (۲)

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

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

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & IF\ m_2 \geq m_1 \\ 0 & IF\ L_1 \geq U_2 \\ \dfrac{L_1 - U_2}{(m_2 - U_2) - (m_1 - L_1)} & OTHERWISE \end{cases}$$

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

رابطه (۳)

$d'(A_i)$ = وزن نرمال نشده

(مینیمم اعداد هر سطر)

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

رابطه (٤)

$d'(A_i)$ = وزن نرمال نشده

(مینیمم اعداد هر سطر)

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

٤. تعیین وزن نهایی هر گزینه و اولویت‌بندی آنها؛

A_1= (A_1 to C_1 × C_1 to GOAL) + (A_1 to C_2 × C_2 to GOAL) + (A1 to C_3 × C_3 to GOAL) + …….

ب - روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی [3]

این الگوریتم از این روش به شرح زیر است (مومنی، ۱۳۸۷):

۱. ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل می‌شود. با استفاده از پرسشنامه‌ها، ماتریس‌های تصمیم‌گیری گزینه‌ها به معیارها به دست 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 جدول ۲ آمده‌اند. ماتریس تصمیم‌گیری در جدول ٤ آمده

[1] Multi Criteria Decision Making (MCDM)
[2] Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F. AHP)
[3] Fuzzy Technique for Order Preference Similarity to Ideal Solution (F. TOPSIS)

Archive of SID
www.SID.ir

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 (۱ تا ۹) تعریف شده که خیلی‌کم [۱و۲و۳]، کم [۲و۳و۵]، متوسط [۳و۵و۷]، زیاد [۵و۷و۹]، و خیلی‌زیاد [۷و۹و۹] هستند (علوی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲. وزن معیارها مشخص می‌شود: بردار وزن (۰ تا ۱) از نرمالایز کردن ضریب اهمیت‌ها به دست 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 هستند، فرمول‌ها بر اساس معیار مثبت است.

رابطه (۵)

$$cj^{+} = max_{j}\, c_{ij}$$

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

مولفه اول=a_{ij} ، ماکزیمم مولفه‌های هر ستون=cj^{+}

٤. تشکیل ماتریس بدون بعد وزن دار شده:

رابطه (٦)

$$\tilde{V}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(.)\tilde{W}_{ij}$$

۵. تعیین حل ایده‌آل فازی[1] و ضد ایده‌آل فازی[2]: حل ایده‌آل برای معیار مثبت، ماکزیمم مولفه سوم و برای معیار منفی، مینیمم مولفه سوم، در هر ستون به دست می‌آید. حل ضد ایده‌آل برای معیار منفی، مینیمم مولفه اول و ماکزیمم مولفه اول، در هر ستون، به دست می‌آید.

رابطه (۷)

$$Vj^{+} = \max_{i}\{v_{ij3}\}$$

Vj^{+} = ایده‌آل ترین هر ستون

رابطه (۸)

$$Vj^{-} = \min_{i}\{v_{ij1}\}$$

Vj^{-} = غیرایده‌آل ترین هر ستون

٦. تعیین فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل:

رابطه (۹)

$$d_i^{+} = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^{+})^2}$$

d_i^{+} = فاصله از حل ایده‌آل

رابطه (۱۰)

$$d_i^{-} = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^{-})^2}$$

d_i^{-} = فاصله از حل ضد ایده‌آل

۷. تعیین شاخص شباهت (ضریب نزدیکی):

رابطه (۱۱)

$$CC = \frac{d^{-}}{d^{-}+d^{+}}$$

۸. اولویت‌بندی گزینه‌ها: بر اساس بزرگی شاخص شباهت (ضریب نزدیکی) انجام شد.

نتایج

چندین گونه گیاهی که در حوالی معدن مس سرچشمه توانایی رویش دارند، به عنوان گزینه‌ها مورد بررسی مدنظر قرار گرفت. فرم پرسشنامه با

[1] Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS)
[2] Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS)

Archive of SID
www.SID.ir

توجه به اعمال نظر از اساتید علوم جنگل، کارشناسان منابع طبیعی و مهندسان معدن منطقه تکمیل گردید که در نتیجه ماتریس تصمیم‌گیری برای روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی با استفاده از همان پرسشنامه‌های اولیه، در جدول ٤ و از تقسیم اهمیت‌ها بر همدیگر، ماتریس‌های مقایسه زوجی روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در جداول ۵ و ٦ به دست آمدند.

جدول ٤. ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها نسبت به معیارها برای روش TOPSIS فازی

	چشم انداز منطقه	مقاومت در برابر بیماری	نحوه رشد	دسترسی به گونه گیاهی	اقتصاد	ذخیره خاک و آب	جلوگیری از آلودگی‌ها
بنه	۹،۷،۵	۵،۳،۲	۵،۳،۲	۹،۷،۵	۷،۵،۳	۹،۹،۷	۹،۹،۷
بادام	۷،۵،۳	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۹،۹،۷	۹،۷،۵	۹،۷،۵	۹،۷،۵
افدرا	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۷،۵،۳	۷،۵،۳	۹،۷،۵
گون	۵،۳،۲	۷،۵،۳	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۵،۳،۲	۷،۵،۳	۵،۳،۲
سالسولا	۷،۵،۳	۷،۵،۳	۵،۳،۲	۹،۷،۵	۵،۳،۲	۳،۷،۵	۵،۳،۲
گز	۹،۷،۵	۹،۷،۵	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۵،۳،۲	۹،۷،۵	۷،۵،۳

جدول ۵. ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها نسبت به هدف

هدف	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	وزن
C_1	۱	۰/۷۷۸	۰/۷۷۸	۰/۳۳۳	۰/۲۲۲	۰/۷۷۸	۰/۷۷۸	۰/۱٤٦
	۱	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	۰/۷۱٤	۰/٤۲۸	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	
	۱	۱/۸	۱/۸	۱/٤	۱	۱/۸	۱/۸	
C_2	۰/۵۵٦	۱	۰/۵۵٦	۰/۳۳۳	۰/۲۲۲	۰/۷۸۸	۰/۷۸۸	۰/۱٦۹
	۰/۷۸۸	۱	۰/۷۸۸	۰/۵۵٦	۰/۳۳۳	۱	۱	
	۱/۲۸۵	۱	۱/۲۸۵	۱	۰/۷۱٤	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	
C_3	۰/۵۵٦	۰/۷۸۸	۱	۰/۳۳۳	۰/۲۲۲	۰/۷۸۸	۰/۷۸۸	۰/۱٦۹
	۰/۷۸۸	۱	۱	۰/۵۵٦	۰/۳۳۳	۱	۱	
	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	۱	۱	۰/۷۱٤	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	
C_4	۰/۷۱٤	۱	۱	۱	۰/۲۸۵	۱	۱	۰/۱۱۲
	۱/٤	۱/۸	۱/۸	۱	۰/٦	۱/۸	۱/۸	
	۳	۳	۳	۱	۱/٦٦۷	۳	۳	
C_5	۱	۱/٤	۱/٤	۰/٦	۱	۱/٤	۱/٤	۰/۰٦٤
	۲/۳۳۳	۳	۳	۱/٦٦۷	۱	۳	۳	
	٤/۵	٤/۵	٤/۵	۳/۵	۱	٤/۵	٤/۵	
C_6	۰/۵۵٦	۰/۷۸۸	۰/۷۸۸	۰/۳۳۳	۰/۲۲۲	۱	۰/۷۸۸	۰/۱٦۹
	۰/۷۸۸	۱	۱	۰/۵۵٦	۰/۳۳۳	۱	۱	
	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	۱	۰/۷۱٤	۱	۱/۲۸۵	
C_7	۰/۵۵٦	۰/۷۸۸	۰/۷۸۸	۰/۳۳۳	۰/۲۲۲	۰/۷۸۸	۱	۰/۱٦۹
	۰/۷۸۸	۱	۱	۰/۵۵٦	۰/۳۳۳	۱	۱	
	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	۱/۲۸۵	۱	۰/۷۱٤	۱/۲۸۵	۱	

Archive of SID

www.SID.ir

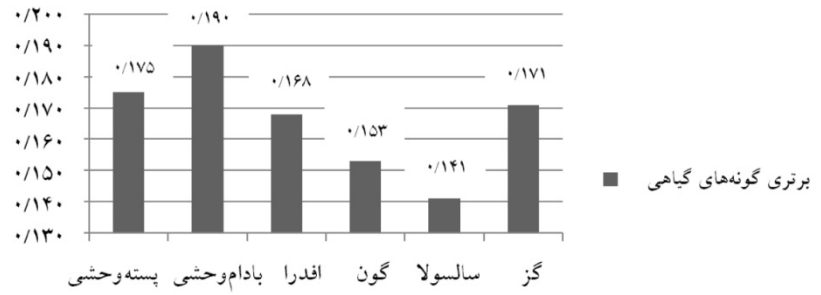
جدول ٦ . ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به همدیگر برای معیار حفاظت خاک و آب

$C_٦$	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	وزن
	۱	۰/۵۵٦	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۵۵٦	
بنه	۱	۰/۷۷۸	۰/۵۵٦	۰/۵۵٦	۰/۵۵٦	۰/۷۷۸	۰/۲۲۸
	۱	۱/۲۸۵	۱	۱	۱	۱/۲۸۵	
	۰/۷۷۸	۱	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۱	
بادام کوهی	۱/۲۸۵	۱	۰/۷۱٤	۰/۷۱٤	۰/۷۱٤	۱	۰/۱۹۷
	۱/۸	۱	۱/٤	۱/٤	۱/٤	۱	
	۱	۰/۷۱٤	۱	۱	۱	۰/۷۱٤	
افدرا	۱/۸	۱/٤	۱	۱	۱	۱/٤	۰/۱۳٤
	۳	۳	۱	۱	۱	۳	
	۱	۰/۷۱٤	۱	۱	۱	۰/۷۱٤	
گون	۱/۸	۱/٤	۱	۱	۱	۱/٤	۰/۱۳٤
	۳	۳	۱	۱	۱	۳	
	۱	۰/۷۱٤	۱	۱	۱	۰/۷۱٤	
سالسولا	۱/۸	۱/٤	۱	۱	۱	۱/٤	۰/۱۳٤
	۳	۳	۱	۱	۱	۳	
	۰/۷۷۸	۱	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۱	
گز	۱/۲۸۵	۱	۰/۷۱٤	۰/۷۱٤	۰/۷۱٤	۱	۰/۱۷٤
	۱/۸	۱	۱/٤	۱/٤	۱/٤	۱	

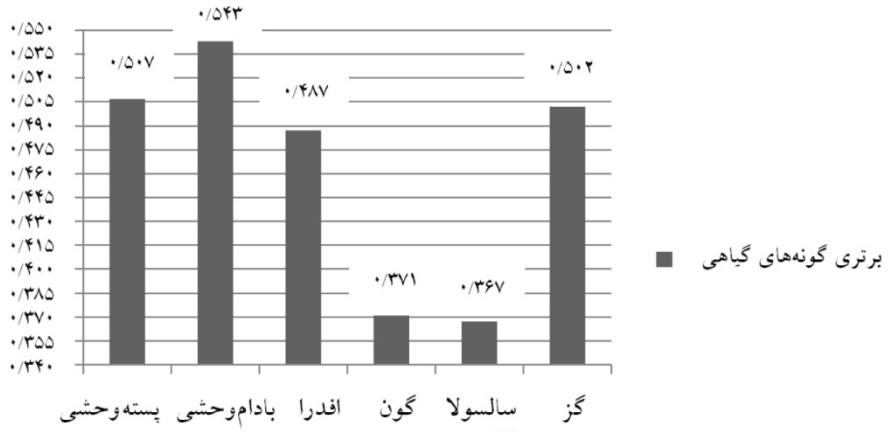
در AHP فازی، تصمیم‌گیرندگان، یک پرسشنامه معیارها به هدف و هفت پرسشنامه گزینه‌ها به معیارها را تشکیل دادند. در این تحقیق، تعداد ۳۰۱ مقایسه زوجی انجام شد. با توجه به ترکیبی از وزن معیارها و گزینه‌های مختلف، بهترین گزینه با سازگاری خوب، تعیین شد. با توجه به روش AHP فازی، بهترین گزینه بادام وحشی است و رتبه‌بندی گزینه‌ها عبارتند از: $A_2>A_1>A_6>A_3>A_4>A_5$ (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 شش گزینه، رتبه‌بندی شش گزینه همانند روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به این صورت به دست آمد: $A_2>A_1>A_6>A_3>A_4>A_5$ (شکل ۲).

www.SID.ir



شکل ۱. نمودار امتیازات گونه‌های گیاهی برای کاشت گیاهان برتر در معدن سرچشمه به روشAHP فازی



شکل ۲. نمودار امتیازات گونه‌های گیاهی برای کاشت گیاهان برتر در معدن سرچشمه به روش TOPSIS فازی

بحث و نتیجه‌گیری

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 گونه‌های گیاهی مناسب برای طرح بازسازی معدن مس سرچشمه، مناسب تشخیص داده شدند. نتایج حاکی از آن است که روش AHP فازی نیاز به محاسبات بیشتر و پیچیده‌تر از TOPSIS فازی دارد. از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، از تصمیم‌گیرنده‌ها 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، سئوال شد. به هر حال زمانی که تعداد گزینه‌ها و معیارها زیاد شوند، فرآیند 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

Archive
www.SID.ir

تحقیق یکسان بوده است. این موضوع نشان می‌دهد که زمانی که تصمیم‌گیرندگان با خودشان در تعیین داده‌ها سازگار و موافق باشند، از دو روش به طور مستقل، نتایج رتبه‌بندی یکسان خواهند شد. گیاهان انتخابی، علاوه بر حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش، نمادی از استقامت در گرمای کویر و شوری خاک هستند. فقدان یا کمبود شدید بارندگی و منابع آبی در اقلیم زیستی خاص این نواحی، سازگاری‌های ویژه‌ای در گیاهان بومی منطقه سرچشمه به وجود آورده است تا امکان ادامه حیات را در شرایط تنش رطوبتی یا کیفیت نامناسب آب و خاک داشته باشند. پوشش گیاهی غالب این مناطق خشک و بیابانی را بوته‌ای‌ها، درختچه‌های کوتاه قامت و علفی‌های یکساله با پوشش پراکنده و غیرمتراکم 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. از دلایل انتخاب و اولویت‌بندی گیاهان منطقه معدنی سرچشمه، این است که فقدان پوشش گیاهی در سطح خاک، باعث وقوع سیلاب، خشکسالی، طوفان شن، کاهش حجم مخازن سدها، کاهش در تولید کشاورزی، درآمد و اشتغال شده و باعث فقر و مهاجرت می‌شود که فشارهای زیادی را به جامعه وارد می‌نماید.

در تحقیقات گذشته در این منطقه، فقط کل گونه‌های موجود، آماربرداری و بررسی شد و به صورت ویژه و اصولی و منظم، مانند این تحقیق، بررسی و اولویت‌بندی نشدند. Bangian (2008) & Osanloo در معدن سونگون به روش AHP سنتی گیاهان منطقه را اولویت‌بندی کردند. همچنین علوی و همکاران (۱۳۸۹) با روش‌های تصمیم‌گیری مختلف، گیاهان مناطق معدنی مختلف را بررسی کردند و به نتایج جالب و قابل اجرایی رسیدند (Alavi *et al.*, 2011). اولویت‌بندی دلیل بر این نیست که فقط گونه اول کاشت شود، بلکه گونه‌های دیگر به صورت ترکیبی می‌توانند در کنار گونه‌های برتر کاشته شوند. در نهایت، پیشنهاداتی تدوین شدند که در صورت اجرا، کمک زیادی به رشد و نگهداری مناسب گیاهان در منطقه و بهبود محیط‌زیست اطراف مجتمع مس سرچشمه می‌کند که اهم برنامه‌ها در زیر آورده شده است.

۱. کنترل فرسایش خاک: باید هر ٦ ماه یک‌بار میزان فرسایش خاک سایت، مورد بررسی قرار گرفته و تثبیت اراضی فرسایش یافته انجام شود.

۲. کنترل منابع آب: برای حفظ تعادل سفره منطقه سرچشمه، باید ضوابطی موثر برای جلوگیری از برداشت اضافی آب و کنترل منابع آب اجرا شود. البته با توجه به بازیافت آب در زمان بهره‌برداری از سد باطله معدن سرچشمه و استفاده مجدد از آن در فرآیند کنستانتره مس، این عمل می‌تواند هر ٦ ماه یک‌بار صورت پذیرد.

۳. کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی: با در نظر گرفتن شرایط محیطی، منابع آلاینده و اثرات زیست‌محیطی مرتبط با آنها، انجام کلیه نمونه‌برداری‌ها و آزمایشات آب و خاک در مقاطع مختلف زمانی باید به صورت دوره‌ای به سازمان حفاظت محیط‌زیست کرمان گزارش گردیده و در مقایسه با استانداردهای زیست‌محیطی تحلیل شود.

٤. کنترل پوشش گیاهی: به منظور کنترل پوشش گیاهی منطقه، باید گونه‌های مناسب بومی سازگار با شرایط منطقه که در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی موثرند، کاشته شوند. در طی هر مقطع زمانی ٦ ماهه انجام عملیات نمونه‌برداری

Archive of SID

www.SID.ir

جهت کنترل کمی و کیفی پوشش گیـاهی، نسـبت به شرایط گذشته منطقه ضروری است.

منابع

۱) اصانلو، م.، ۱۳۸۰. بازسازی معادن. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر. ۱۰٤۰ صفحه.

۲) رسولی، ب.، ۱۳۸۳. بررسی تاثیر کشت گونه‌های تاغ، آتریپکس و گز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته مرتعداری، دانشگاه تربیت مدرس. ۱٦۲ صفحه.

۳) علوی، ا.، اکبری، ا.، و 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، ۱۵ (۲۹): ۱۷-۱۰.

٤) مومنی، م.، ۱۳۸۷. مباحث نوین تحقیق در عملیات. چاپ دوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۳۵۲ صفحه.

5) Akbari, D. A., Osanloo, M., and Hamidian, H., 2007. Selecting post mining land use through analytical hierarchy processing method: case study in Sungun copper open pit mine of Iran. MPES conference. 5 p.

6) 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.

7) 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.

8) 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.

9) Bangian, A. H., and 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. pp. 1-11.

10) 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: 52–67.

11) Chang, D. Y., 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. Eur J Oper Res, 95: 649–655.

12) Chen, C. T., 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment. Fuzzy Sets Syst, 114: 1–9.

13) Osanloo, M., and parsaei, M., 2004. Sarcheshmeh copper mine reclamation, safety congress, Iran. pp. 316-325.

14) Paschke, M. W., Redente, E. F., and 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) 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.

16) Xia, L., and Zhen, H., 2007. Vegetation growth monitoring under coal exploitation stress by remote sensing in the Bulianta Coal Mining area. Insitute of Land Reclamation and Ecological Restoration, China University of Mining and Technology. Beijing 100083, 17 (4): 0479–0483.

Archive of SID

www.SID.ir

A Comparison Fuzzy Topsis Method and Fuzzy AHP Method for Native Plant Type Selection and Implant (Case Study: Sarcheshmeh Copper Mine)

I. Alavi[1*], D. A. Akbari[2], M. Ataei[3] and H. Kiadaliri[4]

1*) M. Sc. Graduate in Mining Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Corresponding Author: iraj_alavi@yahoo.com
2) Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3) Associate Professor, Shahrood Industrial University, Shahrood, Iran.
4) Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

The extent of lands especially the waste dump areas that are affected by mining activities will is on the increase. Thus, the need for performing mine reclamation increases every day. The main objectives of this research are; Plant type Selection and planting to protect the region environment and the reclamation of the Sarcheshmeh Copper Mine. This case study was conducted in the Sarcheshmeh Copper Mine. Plant types were selected based on reclamation plan's primary criteria that are: Kind of post mining land use, Geology and Climate, Nature¬ of soil. Then, comparison matrixes were obtained based on criteria and alternatives questionnaires that were completed by experts and plant types were prioritized by Fuzzy AHP method and Fuzzy TOPSIS method based on secondary criteria that are: Perspective of the region, Resistance against disease and insects, Strength and method of growth, Availability to plant type, Economic efficiency, Protection of soil and storing water, Prevention from pollution. suitable plant types in the mining perimeter and Sarcheshmeh Copper Mine tailing dams were prioritized as follows: Amygdalus scoparia [wild almond], Pistachio [Pistachio Wild], Tamarix, Ephedra, Astragalus, Salsola.

Key words: mine reclamation, Plant type Selection, Sarcheshmeh Copper Mine, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP.

Archive of SID

www.SID.ir