

## انتخاب روش بازسازی معدن روباز با استفاده از تکنیک‌های

### تصمیم‌گیری چندشاخصه

علیرضا قلی‌نژاد<sup>۱</sup>، جعفر سرقینی<sup>۲</sup>، مهدی امیرافشاری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

#### چکیده

نیازهای انسان همواره او را به سمت استفاده از منابع طبیعی هدایت می‌کند. این استفاده باعث آسیب به محیط‌زیست و زمین‌های مورد استفاده بشر می‌شود. بیشترین نیاز انسان به منابع طبیعی با معدنکاری و از طریق معادن روباز و زیرزمینی صورت می‌گیرد. معدنکاری روباز با توجه به نزدیکی به سطح زمین و فضای بزرگی که مورد تخریب قرار می‌دهد از نظر زیست‌محیطی قابل توجه است. زمین‌های تخریب شده بایستی بازسازی شده تا برای کاربری‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرند. انتخاب گزینه مناسب جهت بازسازی زمین‌های استخراج شده موضوعی بسیار مهم است. انتخابی که بتواند اولاً از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد و ثانیاً از نظر چشم‌اندازی و معیارهای فرهنگی و اجتماعی با منطقه هماهنگی داشته باشد. جهت انتخاب گزینه مناسب زمین‌های استخراج شده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده می‌شود. در این مقاله با استفاده از روش TOPSIS که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است، گزینه مناسب کاربری سد باطله معدن روباز انتخاب گردید. بدین ترتیب گزینه تولید الوار به عنوان گزینه مناسب سد باطله معدن روباز انتخاب شد.

#### واژگان کلیدی: معدن روباز، بازسازی، سد باطله، روش TOPSIS

#### مقدمه

بزرگی آن‌ها و فضای گسترده‌ای که مورد تخریب قرار می‌دهند مشکلات بیشتری را به محیط زیست منطقه وارد می‌کنند. به همین علت قوانین متعددی [6] برای بازسازی زمین‌های استخراج شده در کشورها وضع گردیده است تا معادن با توجه به این قوانین نسبت به بازسازی زمین‌های استخراج شده و آماده سازی آن‌ها برای کاربری جدید اقدام نمایند.

در سراسر دنیا معدنکاری یکی از ضروری‌ترین نیازهای یک کشور است. کشورهایی که دارای ذخایر گوناگون منابع معدنی هستند با استفاده از معدنکاری سطحی و یا زیرزمینی به مواد معدنی دسترسی پیدا می‌کنند. هرچقدر تعداد معادن بیشتر و معادن بزرگ‌تر باشند، آسیبی که به محیط زیست وارد می‌کنند بیشتر خواهد بود. در این میان معادن روباز با توجه به

می‌باشد، معیارهای مورد استفاده وزن‌دهی شدند. پس از بی‌مقیاس سازی ماتریس وزنی به دست آمده از روش AHP، این ماتریس وزنی بی‌مقیاس شده به عنوان ورودی الگوریتم روش TOPSIS مورد استفاده قرار خواهد گرفت. بدین ترتیب اولویت‌بندی بین گزینه‌های سد باطله معدن روباز انجام خواهد شد و گزینه مناسب انتخاب می‌گردد.

این مدل بر روی معدن فرضی اجرا گردید. این معدن دارای آب و هوای کوهستانی معتدل تا سرد می‌باشد. دوره گرمای کوتاه مدت و دوره سرمای طولانی دارد. در این منطقه فرضی بارش باران کم، بارش برف زیاد و رطوبت نسبتاً بالا است. خاک این منطقه اسیدی است و باطله‌ها خاصیت اسیدزایی دارد.

#### گزینه‌ها و معیارهای بازسازی سد باطله معدن روباز

معدن روباز مساحت گسترده‌ای از زمین را اشغال می‌کنند. این مساحت با توجه به موقعیتی که دارد و استفاده‌ای که می‌شود دارای معیارها و گزینه‌های خاص خود است و در نتیجه گزینه‌ای که برای هر قسمت انتخاب می‌شود متفاوت با دیگر قسمت‌هاست. یک معدن روباز به ۵ بخش مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند که در نهایت به صورت ۴ قسمت طبقه‌بندی می‌شوند. این ۴ قسمت عبارتند از: ۱- پیت ۲- دامپ باطله ۳- سد باطله ۴- تاسیسات و زمین‌های مابین.

سد باطله معدن آلوده‌ترین قسمت معدن است که از لحاظ فیزیکی به منطقه‌ای که سد باطله در آن قرار دارد و از نظر شیمیایی به نوع و خصوصیت سنگ‌هایی که درون پیت قرار دارند و داروهای شیمیایی استفاده شده در کانه آرایی آن‌ها وابسته است. به همین جهت در معدنی که پیت بزرگی وجود دارد، سد باطله بزرگی نیز وجود خواهد داشت. بنابراین بازسازی سد

انتخاب گزینه مناسب برای بازسازی معدن امری بسیار مهم است. اگر گزینه‌ای که برای بازسازی و کاربری مجدد انتخاب می‌شود نامناسب بوده و تمامی معیارها در آن لحاظ نشود، پروژه بازسازی در صورتی که با شکست مواجه نشود قطعاً بسیار هزینه‌بر و بی‌تناسب با منطقه خواهد بود. به همین علت انتخاب گزینه مناسب بازسازی زمین‌های استخراج شده در معدن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است که برای این منظور از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌شود.

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره همواره به مدیران و کارشناسان کمک می‌کند تا در شرایط مختلف بتوانند بهترین تصمیم‌گیری را داشته باشند. این روش‌ها در معدن و مسائل مربوط به معدن نیز وارد شده است. در سال ۲۰۰۶ اکبری و همکاران برای بازسازی معدن از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند [2]. در سال ۲۰۰۷ باسکتین از روش‌های چندشاخصه در بازسازی یک معدن روباز استفاده کرد [5]. همچنین در سال ۲۰۰۸ نیز سلطان‌محمدی و همکاران برای بازسازی معدن روباز از این تکنیک‌ها استفاده کردند [10]. در زمینه‌های دیگر معدنکاری نظیر انتخاب گونه‌های گیاهی [4] و انتخاب وسیله بارگیری و حمل و نقل در معدن [1] نیز از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه نیز استفاده شده است.

در این مقاله با استفاده از روش رتبه‌بندی اولویت‌ها بر اساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS) که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) است گزینه مناسب بازسازی سد باطله معدن روباز انتخاب گردید. در ابتدا گزینه‌ها و معیارهای مورد استفاده در بازسازی سد باطله معدن تعیین گردیدند. سپس با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که بهترین روش برای تعیین وزن معیارها

باطله با توجه به آلودگی شدیدی که برای زمین ایجاد می‌کند مهم است. برای بازسازی سد باطله معدن روباز گزینه‌هایی مشخص گردید که در جدول ۱ آورده شده است. این جدول در غالب ۵ نوع کاربری و ۲۵ گزینه است که گزینه‌هایی تعیین گردیده‌اند که منطقی و قابل اجرا باشند. همچنین برای بازسازی سد باطله با توجه به موقعیت و شرایط این قسمت، ۸۰ معیار تعیین گردید.

جدول ۱- کاربری‌های پیشنهاد شده سد باطله معدن روباز

علائم	انواع کاربری‌های مجدد سد باطله معدن روباز		
AE	زمین مزروعی	-1-1	1- کشاورزی A
AG	باغ	-2-1	
AP	مرتع یا علفزار	-3-1	
AN	پرورش گل و نهال	-4-1	
FL	تولید الوار	-1-2	2- جنگل F
FW	بیشه زار	-2-2	
FS	جنگل طبیعی	-3-2	
ES	زمین مسابقات ورزشی	-1-3	3- تفریحی E
EH	شکارگاه	-2-3	
EP	پارک و فضای سبز	-3-3	
EM	موزه	-4-3	
EZ	باغ وحش	-5-3	
CTR	مسکونی	-1-4	4- ساخت و ساز CT
CTC	تجاری (مراکز خرید و غیره)	-2-4	
CTI	صنعتی (کارخانه، کارگاه و غیره)	-3-4	
CTE	آموزشی (دانشگاه و غیره)	-4-4	
CTS	استقرار جامعه پایدار	-5-4	
CTMR	پایگاه (نظامی، تحقیقاتی و غیره)	-6-4	
CTCI	شهرک سینمایی	-7-4	
CTJ	مراکز بازپروری (زندانی و غیره)	-8-4	
CTH	اقامت‌ی (هتل و غیره)	-9-4	
CTA	فرودگاه	-10-4	
CTCE	گورستان	-11-4	
CTM	درمانی (بیمارستان و غیره)	-12-4	
CVW	زیست‌گاه حیات وحش	-1-5	5- حفاظتی CV

(OPC)، پتانسیل جذب سرمایه (PIA)، افزایش درآمدهای دولت (IGI)، افزایش درآمدهای جامعه محلی (IIL)، درآمدزایی پروژه معدنی (MPI)، تغییرات مثبت در ارزش واقعی املاک ناحیه (CRE)، تناسب شرایط اقتصادی منطقه (RE)، نرخ بازگشت سرمایه (IRR)، نقطه سربه‌سری (BEP).

با توجه به این معیارها است که در نهایت گزینه مناسب بازسازی سد باطله مشخص می‌شود. معیارهای ذیل، معیارهایی هستند که تاثیر مهمی در انتخاب گزینه مناسب بازسازی دارند. این معیارها در غالب ۵ قسمت طبقه‌بندی شدند. معیارها عبارتند از:

عوامل اقتصادی: هزینه رفتارسنجی و نگهداری (MMC)، هزینه سرمایه‌ای (CAC)، هزینه عملیاتی

عوامل اجرایی: پتانسیل منطقه جهت کاربری جدید (RP)، پتانسیل تامین بودجه (BP)، دسترسی به نیروی کار متخصص (NSW)، دسترسی به ماشین آلات و تجهیزات مورد نیاز (MAP)، وجود فنون بازسازی (ART)، وجود تجربه مدیریتی - اجرایی (MAE)، توانایی اجرای پروژه بازسازی (RPA).

عوامل اجتماعی: مهاجرپذیری ناحیه (EIA)، تغییرات مثبت در معیشت مردم (CLQ)، اشتغالزایی در منطقه (EO)، خدمت به آموزش عمومی (SPE)، میزان رفت و آمد مردم از سایت (FPT)، سازگاری با اکوسیستم منطقه (EA)، توان جذب گردشگر (TA)، مالکیت زمین (LO)، نزدیکی سایت معدن به مراکز جمعیت و شهرها (PMP)، موقعیت معدن نسبت به نزدیکترین شهر (LNT)، دسترسی پذیری و شرایط راه و جاده (ACC)، دسترسی به تسهیلات (گاز، برق و غیره) (AU)، دسترسی راحت در فصول سرد (AEC)، خط مشی شرکت معدنی (MCP)، خط مشی دولت (GP)، قوانین و مقررات (ZB)، سازگاری با نیازهای مردم (CLR)، شرایط اجتماعی و فرهنگی مناطق همجوار (NCS)، ویژگی‌های قومی و آیینی مردم منطقه (RPC)، معارضات منطقه‌ای (اختلافات قومی و قبیله‌ای و غیره) (RW)، روحیات و فرهنگ مردم منطقه (RPS)، نوع فعالیت‌های اجتماعی مردم منطقه (PSA)، نوع فعالیت‌های اقتصادی مردم منطقه (PEA)، شرایط سیاسی منطقه (RPO)، شرایط امنیتی منطقه (RSO)، افزایش سطح مهارت و دانش فنی منطقه (RTI).

عوامل سایت معدن: pH (PH)، پتانسیل اسیدزایی (PAG)، آلاینده‌گی (SPM)، مواد ارگانیک و مغذی (SOM)، شوری (Salt)، تبخیر سطحی (Eva)، روزهای بدون یخبندان (FFD)، نزولات جوی (Pre)، سرعت باد (WV)، رطوبت هوا (AM)، دما (Temp)، هیدرولوژی آب‌های سطحی و زیرزمینی (HSG)، پوشش گیاهی (PC)، موقعیت جغرافیایی (GS)، روزهای بسیار گرم (VHD)، روزهای بسیار سرد (VCH)، گونه‌های گیاهی و جانوری بومی (فون و فلور) (FF)، پستی و بلندی سطح زمین (SR)، شیب (Slop)، ارتفاع از سطح دریا (Ele)، موقعیت نسبت به تابش خورشید (ES)، سطح ایستابی (WT).

عوامل فنی: شکل و اندازه زمین‌های معدنکاری شده (SSL)، نزدیکی به منابع آب (CNW)، نزدیکی به بازار مصرف (MA)، کاربری زمین‌های مجاور (CLU)، تولید و فروش در منطقه (PMA)، زمین‌شناسی

#### روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین روش‌ها برای تصمیم‌گیری چندشاخصه است که توسط پروفیسور ساعتی به وجود آمد [8]. در این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله به صورت سلسله مراتبی می‌باشد. علاوه بر این، بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. همچنین امکان در نظر گرفتن قضاوت‌های فردی و یا گروهی وجود دارد. روش AHP با ایجاد یک درخت تصمیم‌گیری سلسله مراتبی،

- گام چهارم: ماتریس بی‌مقیاس  
ماتریس مقایسات زوجی بایستی بی‌مقیاس شود. با تقسیم هر یک از عناصر هر ستون بر مجموع عناصر همان ستون به وجود می‌آید. با انجام این کار، ماتریس بی‌مقیاسی حاصل می‌شود که مجموع عناصر هر ستون از آن برابر یک است. ماتریس مقایسات زوجی بی‌مقیاس شده در رابطه ۲ نشان داده شده است.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

- گام پنجم: اوزان نسبی  
برای به دست آوردن وزن نسبی هر شاخص، میانگین حسابی هر سطر محاسبه می‌شود.  
- گام ششم: بردار وزن شاخص‌ها  
مقادیر وزن نسبی شاخص‌ها در وزن نسبت داده شده به معیارها در سطوح بالاتر ضرب شده و بردار وزن کلی شاخص‌ها به دست می‌آید. این بردار در رابطه ۳ مشخص شده است.

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

در روش AHP برای میزان سازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان، با استفاده از رابطه ۴ نرخ ناسازگاری محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

که در این فرمول  $\lambda_{max}$  بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی است. هرچه نرخ سازگاری به صفر نزدیک‌تر باشد، میزان سازگاری بیشتر است. در کل بایستی مقدار آن کمتر از ۰/۱ باشد تا نتایج AHP قابل قبول باشد.

معیارها و گزینه‌ها و هدف را مرتب می‌کند. مراحل روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت گام به گام معرفی می‌شود:

- گام اول: درخت سلسله مراتبی  
ایجاد درخت سلسله مراتبی جهت تعیین هدف، معیارها و گزینه‌ها.

- گام دوم: ماتریس تصمیم‌گیری  
ماتریس تصمیم‌گیری بر پایه مقیاس نه نقطه‌ای ساعتی [9] ایجاد می‌شود که در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۲- مقیاس نه نقطه‌ای ساعتی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مرجح و یا مطلوب‌تر
۷	ترجیح و یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح و یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح و یا مطلوب‌تر
۱	ترجیح و یا مطلوبیت یکسان
۱/۳ و ۱/۵ و ۱/۷ و ۱/۹	ترجیحات بین فواصل فوق

- گام سوم: ماتریس مقایسات زوجی  
بین اعضای ماتریس تصمیم‌گیری، مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. مقایسات زوجی به منظور اهمیت و برتری نسبی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر صورت می‌پذیرد. ماتریس مقایسات زوجی بین  $n$  شاخص به صورت زیر در رابطه ۱ نمایش داده می‌شود:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

که در این رابطه  $a_{ij}$  نشان‌دهنده برتری شاخص  $i$  بر شاخص  $j$  است و بالعکس.

در رابطه ۶ نشان داده شده است، از ضرب کردن ماتریس بی‌مقیاس شده  $R_{ij}$  در ماتریس قطری حاوی وزن کلی شاخص‌ها  $W_i$  به دست می‌آید.

$$v_{ij} = R_{ij} \times W_i = \begin{pmatrix} r_{11}w_1 & \dots & r_{1n}w_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1}w_1 & \dots & r_{in}w_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}w_1 & \dots & r_{nn}w_n \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n$$

- گام دوم: تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی با استفاده از ماتریس بی‌مقیاس موزون که در آن شاخص‌ها مشخص شده‌اند، راه حل ایده‌آل مثبت  $A^*$  از رابطه ۷ و راه حل ایده‌آل منفی  $A^-$  از رابطه ۸ محاسبه می‌شود.

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (7)$$

$$= \left\{ \left( \max v_{ij} \mid j \in I^+ \right), \left( \min v_{ij} \mid j \in I^+ \right) \right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (8)$$

$$= \left\{ \left( \min v_{ij} \mid j \in I^+ \right), \left( \max v_{ij} \mid j \in I^+ \right) \right\}$$

- گام سوم: تعیین فاصله گزینه‌ها تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی برای این کار فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت  $d_j^+$  از رابطه ۹ و فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل منفی  $d_j^-$  از رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود.

هنگامی که در ارزیابی گزینه‌ها و شاخص‌ها نظرات دو یا چند تصمیم‌گیرنده اثر داده شود [3] بایستی از روش AHP گروهی استفاده شود. در این موارد همانند رابطه ۵ بایستی میانگین هندسی نظرات کارشناسان مختلف ( $x'_{ij}$ ) محاسبه شده و به عنوان ماتریس اصلی در نظر گرفته شود.

$$x'_{ij} = \left( \prod_{l=1}^k x_{ijl} \right)^{\frac{1}{k}}, \quad (5)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j,$$

که در این رابطه  $l$  شماره تصمیم‌گیرنده،  $k$  تعداد تصمیم‌گیرندگان و  $(i, j)$  شاخص‌ها یا گزینه‌های مورد مقایسه هستند. نکته مهم این است که برای سازگاری ماتریس اصلی مقایسات زوجی، بایستی نظرات و مقایسات زوجی کارشناسان به یکدیگر نزدیک باشد در غیر اینصورت احتمال ناسازگاری ماتریس زیاد خواهد بود.

### تحلیل با روش TOPSIS

این مدل توسط هوانگ و یون [7] در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. در این روش که یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری است که  $m$  گزینه به وسیله  $n$  شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، بایستی کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حال ممکن) داشته باشد [11].

- گام اول: ماتریس بی‌مقیاس موزون

در الگوریتم روش TOPSIS، ورودی‌ها به صورت ماتریس بی‌مقیاس موزون  $v_{ij}$  هستند. این ماتریس که

با استفاده از ۳ گروه تصمیم‌گیرنده انجام گرفت. در این مرحله با استفاده از تکنیک‌های مختلف روش گروهی، قضاوت‌ها انجام گردید و با استفاده از میانگین هندسی قضاوت کارشناسان طبق رابطه ۶، وزن‌های نهایی به دست آمد. بدین ترتیب قسمتی از ماتریس بی‌مقیاس در جدول ۳ و وزن‌های نهایی به دست آمده در شکل ۱ به صورت نموداری نشان داده شده است.

ورودی الگوریتم TOPSIS بایستی به صورت ماتریس بی‌مقیاس موزون باشد. بنابراین با استفاده از رابطه ۶ ماتریس بی‌مقیاس موزون به دست آمد. سپس با استفاده از رابطه ۷، راه حل ایده‌آل مثبت  $A^*$  و با استفاده از رابطه ۸، راه حل ایده‌آل منفی  $A^-$  برای هر شاخص به دست آمد. جدول ۴ قسمتی از ماتریس بی‌مقیاس موزون و راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی را برای هر شاخص نشان می‌دهد.

پس از به دست آمدن راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی، با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ به ترتیب فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت  $d_j^+$  و فاصله هر گزینه از ایده‌آل منفی  $d_j^-$  به دست آمد. در نهایت برای تعیین نزدیکی نسبی  $CL_i^*$  هر گزینه از رابطه ۱۱ استفاده گردید. فاصله‌های هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی، نزدیکی نسبی هر گزینه و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌های بازسازی سد باطله معدن در جدول ۵ آورده شده است.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (10)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

- گام چهارم: تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده‌آل  
برای تعیین نزدیکی نسبی  $CL_i^*$  از رابطه ۱۱ استفاده می‌شود.

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (11)$$

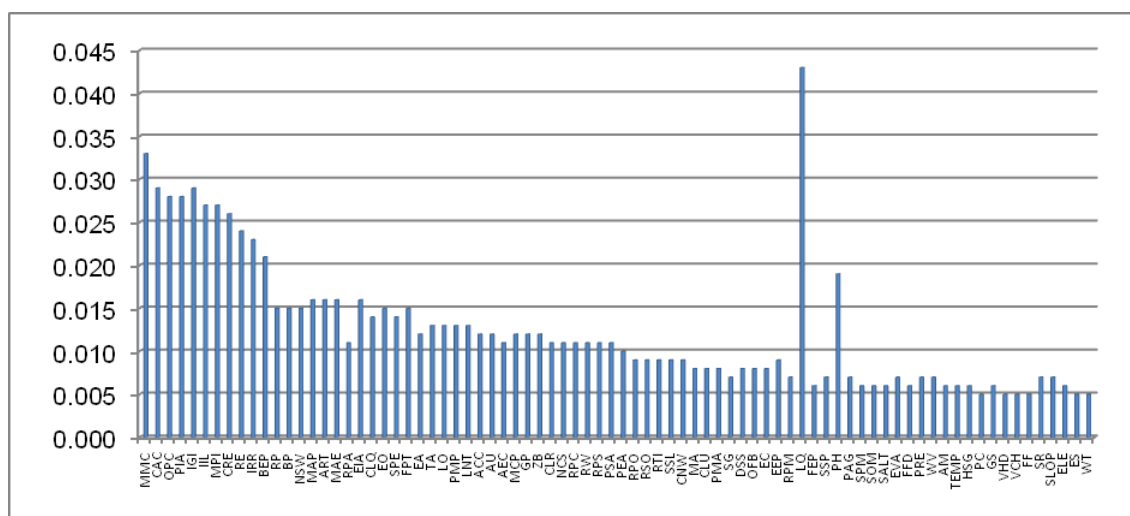
- گام پنجم: اولویت‌بندی  
در نهایت هر گزینه‌ای که دارای  $CL_i^*$  بزرگتری باشد گزینه مناسب خواهد بود و بر این اساس گزینه‌ها اولویت‌بندی می‌شوند.

#### انتخاب روش بازسازی سد باطله معدن روباز

ابتدا برای به دست آوردن وزن شاخص‌ها از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌شود. در این تحقیق جهت بهبود و دقت بیشتر وزن‌های به دست آمده، از روش AHP گروهی استفاده شد. قضاوت‌ها

جدول ۳- قسمتی از ماتریس بی‌مقیاس شده گزینه‌های بازسازی سد باطله معدن رویاز

	AE	AG	AP	AN	--	--	CTA	CTCE	CTM	CVW	وزن
MMC	۰.۰۵۶	۰.۰۵۶	۰.۰۳۸	۰.۰۴۱	--	--	۰.۰۹۶	۰.۰۱۸	۰.۱۰۷	۰.۰۲۲	۰.۰۳۳
CAC	۰.۰۵۳	۰.۰۵۳	۰.۰۳۷	۰.۰۴۱	--	--	۰.۰۹۲	۰.۰۲۱	۰.۱۰۵	۰.۰۲۲	۰.۰۲۹
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ES	۰.۰۷۶	۰.۰۷۶	۰.۰۷۴	۰.۰۲۵	--	--	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰.۰۷۶	۰.۰۰۵
WT	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	۰.۰۷۴	۰.۰۹۴	--	--	۰.۰۲۱	۰.۰۱۵	۰.۰۳۵	۰.۰۶۵	۰.۰۰۵



شکل ۱- نمودار وزن شاخص‌های به دست آمده برای بازسازی سد باطله

جدول ۴- قسمتی از ماتریس بی‌مقیاس موزون گزینه‌های بازسازی سد باطله معدن و راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی شاخص‌ها

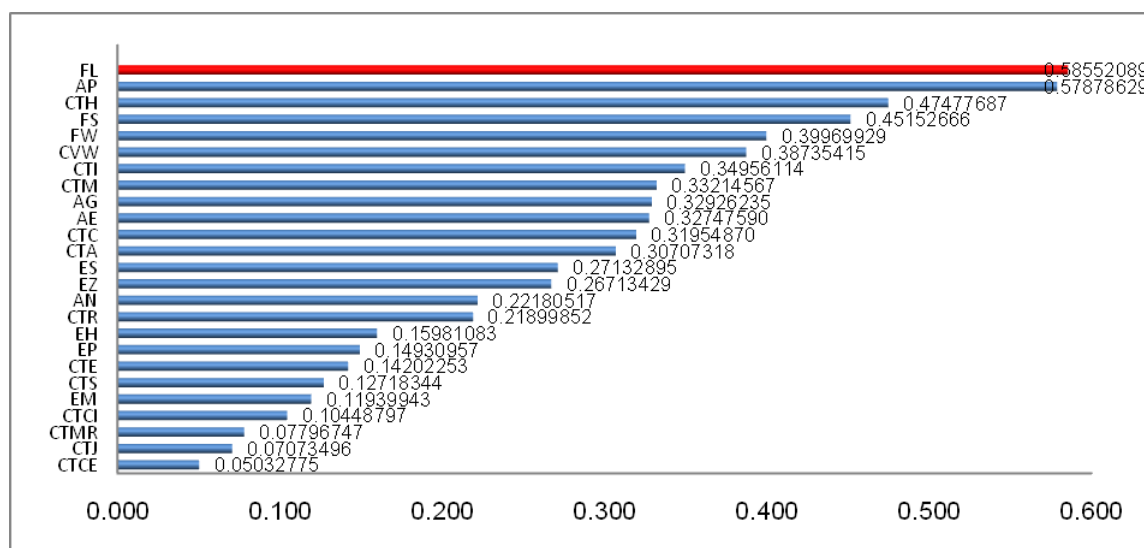
	AE	AG	AP	AN	--	--	CTA	CTCE	CTM	CVW	A*	A <sup>-</sup>
MMC	۰.۰۰۱۸۴	۰.۰۰۱۸۴	۰.۰۰۱۲۵	۰.۰۰۱۳۵	--	--	۰.۰۰۳۱۶	۰.۰۰۰۵۹	۰.۰۰۳۵۳	۰.۰۰۰۷۲	۰.۰۰۳۵۳	۰.۰۰۰۵۹
CAC	۰.۰۰۱۵۳	۰.۰۰۱۵۳	۰.۰۰۱۰۷	۰.۰۰۱۱۸	--	--	۰.۰۰۲۶۶	۰.۰۰۰۶۰	۰.۰۰۳۰۴	۰.۰۰۰۶۳	۰.۰۰۳۰۴	۰.۰۰۰۶
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ES	۰.۰۰۰۳۸	۰.۰۰۰۳۸	۰.۰۰۰۳۷	۰.۰۰۰۱۲	--	--	۰.۰۰۰۱۲	۰.۰۰۰۱۲	۰.۰۰۰۱۲	۰.۰۰۰۳۸	۰.۰۰۰۴۳	۰.۰۰۰۱۲
WT	۰.۰۰۰۴۵	۰.۰۰۰۴۵	۰.۰۰۰۳۷	۰.۰۰۰۴۷	--	--	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰۷	۰.۰۰۰۱۷	۰.۰۰۰۳۲	۰.۰۰۰۴۷	۰.۰۰۰۰۷



انتخاب روش بازسازی معدن روباز با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه

جدول ۵- فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی، نزدیکی نسبی و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌های بازسازی سد باطله معدن

گزینه‌ها	$d_i^+$	$d_i^-$	$CL_i^*$	اولویت‌بندی
AE	۰.۰۰۸۱۷۱۸۳	۰.۰۰۳۹۷۹۱۶	۰.۳۲۷۴۷۵۹۰	۱۰
AG	۰.۰۰۸۱۶۰۰۷	۰.۰۰۴۰۰۵۷۴	۰.۳۲۹۲۶۲۳۵	۹
AP	۰.۰۰۵۸۹۷۹۹	۰.۰۰۸۱۰۴۳۸	۰.۵۷۸۷۸۶۲۹	۲
AN	۰.۰۰۹۳۲۱۰۹	۰.۰۰۲۶۵۶۷۵	۰.۲۲۱۸۰۵۱۷	۱۵
FL	۰.۰۰۵۷۲۸۷۴	۰.۰۰۸۰۹۲۸۰	۰.۵۸۵۵۲۰۸۹	۱
FW	۰.۰۰۷۵۶۸۸۱	۰.۰۰۵۰۳۹۵۵	۰.۳۹۹۶۹۹۲۹	۵
FS	۰.۰۰۷۱۲۳۱۱	۰.۰۰۵۸۶۴۰۵	۰.۴۵۱۵۲۶۶۶	۴
ES	۰.۰۰۹۱۹۷۲۲	۰.۰۰۳۴۲۴۶۹	۰.۲۷۱۳۲۸۹۵	۱۳
EH	۰.۰۰۱۰۳۸۶۸	۰.۰۰۱۹۰۹۴۴	۰.۱۵۹۸۱۰۸۳	۱۷
EP	۰.۰۰۱۰۱۵۲۴۸	۰.۰۰۱۷۸۱۹۲	۰.۱۴۹۳۰۹۵۷	۱۸
EM	۰.۰۰۱۰۴۳۱۷۷	۰.۰۰۱۴۱۴۴۳	۰.۱۱۹۳۹۹۴۳	۲۱
EZ	۰.۰۰۹۵۳۳۵۴	۰.۰۰۳۴۷۵۰۴	۰.۲۶۷۱۳۴۲۹	۱۴
CTR	۰.۰۰۹۹۰۸۵۸	۰.۰۰۲۷۸۴۴	۰.۲۱۸۹۹۸۵۲	۱۶
CTC	۰.۰۰۹۳۶۴۴۶	۰.۰۰۴۳۹۷۶۷	۰.۳۱۹۵۴۸۷۰	۱۱
CTI	۰.۰۰۹۱۴۷۹۴	۰.۰۰۴۹۱۶۳۲	۰.۳۴۹۵۶۱۱۴	۷
CTE	۰.۰۰۱۰۴۴۵۰۳	۰.۰۰۱۷۲۸۹۸	۰.۱۴۲۰۲۲۵۳	۱۹
CTS	۰.۰۰۱۰۴۵۰۲۰	۰.۰۰۱۵۲۲۷۶	۰.۱۲۷۱۸۳۴۴	۲۰
CTMR	۰.۰۰۱۱۰۴۷۵۴	۰.۰۰۰۹۳۴۱۸	۰.۰۷۷۹۶۷۴۷	۲۳
CTCI	۰.۰۰۱۰۵۸۷۱۲	۰.۰۰۱۲۳۵۳۰	۰.۱۰۴۴۸۷۹۷	۲۲
CTJ	۰.۰۰۱۱۱۳۹۲۷	۰.۰۰۰۸۴۷۹۱	۰.۰۷۰۷۳۴۹۶	۲۴
CTH	۰.۰۰۷۱۷۷۱۱	۰.۰۰۶۴۸۷۷۷	۰.۴۷۴۷۷۶۸۷	۳
CTA	۰.۰۰۹۶۶۸۲۵	۰.۰۰۴۲۸۴۵۲	۰.۳۰۷۰۷۳۱۸	۱۲
CTCE	۰.۰۰۱۱۱۷۲۹۸	۰.۰۰۰۵۹۳۱۱	۰.۰۵۰۳۲۷۷۵	۲۵
CTM	۰.۰۰۹۷۶۶۵۰	۰.۰۰۴۸۵۷۲۰	۰.۳۳۲۱۴۵۶۷	۸
CVW	۰.۰۰۸۲۲۶۶۱	۰.۰۰۵۲۶۴۶۲	۰.۳۸۷۳۵۴۱۵	۶



شکل ۲- نمودار نزدیکی‌های نسبی گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل

برای به دست آوردن وزن‌های شاخص‌ها از روش *AHP* استفاده شد. این روش به دلیل ایجاد مسئله به صورت سلسله مراتبی، مقایسات زوجی بین گزینه‌ها، اعمال سازگاری و ناسازگاری بین مقایسات و همچنین وجود نرم‌افزارهای تایید شده، پرکاربرد و قابل اطمینان است. به کارگیری از ۳ گروه تصمیم‌گیری جهت استفاده از *AHP* گروهی باعث دقیق‌تر شدن مقایسات زوجی و به دست آمدن وزن‌های مناسب‌تر گردید. روش *TOPSIS* نیز الگوریتمی ساده و قابل فهم برای مدیران دارد و یکی از بهترین و پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است.

#### منابع

- 1- Aghajani, A. & Osanloo, M., (2007); Application of AHP-TOPSIS Method for Loading-Haulage Equipment Selection in Open pit Mines, XXVII International Mining Convention, Veracruz, Mexico; 25-37 p.
- 2- Akbari, A. D., Osanloo, M. & Hamidian, H., (2006); Selecting post-mining land-use through analytical hierarchy processing method: case study in Sungun copper open pit mine of Iran, 15th international symposium of MPES, Torino, Italy; 10-22 p.
- 3- Altuzarra, A., Moreno-Jimenez, J.M. & Salvador, M., (2004); Searching for consensus in AHP-Group decision making. A Bayesian Perspective, Gobierno electrónico. Toma de decisiones complejas basadas en Internet: e-democracia y e-cognocracia, PM2004-052; pp43.

همانگونه که از جدول ۵ مشخص است گزینه تولید الوار بیشترین نزدیکی نسبی را به راه‌حل ایده‌آل داشته و به عنوان گزینه مناسب بازسازی سد باطله معدن روباز انتخاب می‌شود. در شکل ۲ نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل گزینه‌ها به صورت نموداری نشان داده شده است.

#### نتیجه‌گیری

نوع کاربری مجدد زمین‌های استخراج شده حائز اهمیت است. به گونه‌ای که اگر گزینه‌ای که انتخاب می‌شود بهترین گزینه نباشد پروژه بازسازی با شکست مواجه خواهد شد و حتی اگر شکست نخورد بسیار پر هزینه و غیرمنطقی است. بنابراین ایجاد مدلی برای انتخاب گزینه مناسب بازسازی و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ضروری است. امروزه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به علت استفاده از افراد کارشناس و خبره و کمک به مدیران در گرفتن تصمیم‌های مناسب جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. استفاده از این روش‌ها در مسائل مربوط به معدن به خصوص بازسازی زمین‌های استخراج شده کمک زیادی به انتخاب مناسب خواهد داشت.

در این مقاله با ایجاد مدلی برای بازسازی سد باطله معدن به همراه ۸۰ معیار و ۲۵ گزینه و اجرای این مدل بر روی یک معدن روباز فرضی گزینه تولید الوار با اختلاف بسیار کمی نسبت به مرتع به عنوان گزینه مناسب بازسازی انتخاب گردید. به همین دلیل نقش مدل‌سازی و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مشخص می‌گردد.

- 4- 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 Symposium (MPES) proceedings, China, Beijing, pp. 81-94.
- 5- Bascetin A., (2007); A decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine, Environmental Geology, vol. 52, pp. 663–672.
- 6- BLM (Bureau of Land Management), (1992); Solid Minerals Reclamation Handbook (BLM Manual Handbook H-3042-1), U.S. Department of the Interior; 120 p.
- 7- Hwang C. L. & Yoon K. P., (1981); Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application. New York: Springer; 180 p.
- 8- Saaty T. L.,(1980);The Analytical Hierarchy Process, McGraw Hill Company, NewYork; 160 p.
- 9- Saaty T. L., (1990); “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process”, European Journal of Operational Research 48, pp.9 -26.
- 10- Soltanmohammadi, H., Osanloo, M. & Aghajani, A., (2008); Developing a fifty-attribute framework for mined land suitability analysis using AHP-TOPSIS approach, post-mining symposium, Nancy, France; 75-86 p.
- 11- Yoon K. P. & Hwang C. L., (1995); Multiple Attribute Decision Making, Sage Publication, Thousand Oaks, CA; 200 p.

