Archive of SID

نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"

Iranian Journal of Mining Engineering (IRJME)

دوره چهارم، شماره هشتم، سال ? ?:8، صفحه <= تا =<

Vol. 4, No. 8, 2009, pp.67-76

«یادداشت فنی»

اولویت‌بندی بهره‌برداری از معادن سرب و روی زیرزمینی متروکه استان یزد با استفاده از روش تسلط تقریبی :

سید هادی حسینی[8]، محمد عطایی[9*]، رضا خالوکاکایی

1- دانشجوی دکتری مهندسی استخراج معدن، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، hoseiniesh@gmail.com
2- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود؛ ataei@shahroodut.ac.ir
3- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود؛ kakaie@shahroodut.ac.ir

(دریافت 89 خرداد ??:8 ، پذیرش@9 آذر ??:8)

چکیده

در این مقاله به منظور اولویت‌بندی بهره‌برداری از ذخایر سرب و روی استان یزد، تعدادی از معادن متروکه و پتانسیل‌های معدنی سرب و روی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، اطلاعات عمومی 98 معدن شامل فاصله تا جاده اصلی و کیفیت راه‌ها، کارهای معدنی انجام شده درگذشته، عیار و کانی‌شناسی ماده معدنی استخراج شده است. سپس به منظور تعیین و اولویت‌بندی بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تسلط تقریبی :استفاده شده است. نتایج این بررسی نشان داد که معادن تاج‌کوه، دره زنجیر و مهرجرد به ترتیب دارای بالاترین اولویت و قابلیت سرمایه‌گذاری در استان یزد می‌باشند.

کلمات کلیدی

اولویت‌بندی، بهره‌برداری، معادن سرب و روی، متروکه، روش تسلط تقریبی :، استان یزد.

* عهده‌دار مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

8- مقدمه

امروزه مسأله تأمین مواد اولیه صنایع کشور و نیز جذب نیروهای جوان آماده کار، یکی از دغدغه‌های اقتصادی و اجتماعی کشورمان است. در این میان با توجه به سهم بالا و پراهمیت معادن در چرخه تولید و اقتصاد کشور، به نظر می‌رسد این بخش از توانایی بالایی برای حل این دو مهم برخوردار باشد.

طبق آخرین آمار، بخش معدن و صنایع معدنی در سال‌های اخیر رتبه اول را در "سرمایه‌گذاری و رشد" در بین سایر بخش-های اقتصادی کشور داشته است و در حال حاضر 45 درصد ارزش معاملات بورس کشور متعلق به بخش معدن و صنایع وابسته است. در ایران 68 نوع ماده معدنی با ذخیره قطعی و احتمالی 57 میلیارد تن وجود دارد که طبق استاندارد های جهانی می‌بایست تولیدات معدنی یک درصد ذخیره یعنی 575 میلیون تن در سال باشد. این در حالی است که تولیدات معدنی کشور طی سال 1386، 225 میلیون تن بوده است[1]. عدم تناسب ذخیره با تولید، وجود پتانسیل‌های فنی و نیروی انسانی مناسب و انرژی ارزان و در دسترس همگی ضرورت سرمایه-گذاری و اشتغال‌زایی بیشتر در این بخش را آشکار می‌سازد.

از جمله برنامه‌های راهبردی در بخش معدن می‌توان به ایجاد و توسعه بنگاه‌های معدنی به منظور جذب سرمایه‌های خصوصی و توسعه معادن کوچک و متوسط اشاره کرد. با توجه به پراکندگی مناسب معادن در اقصی نقاط کشور، توجه به توسعه معادن کوچک با حجم سرمایه‌گذاری پائین، می‌تواند رهیافت مناسبی برای توسعه متوازن و اشتغال‌زایی پایدار و برجا در کشور باشد.

همچنین با توجه به قانون واگذاری معادن متروکه به فارغ‌التحصیلان جوان مهندسی معدن، اولویت‌بندی و نوبت‌گذاری واگذاری و سرمایه‌گذاری در این گونه معادن از دغدغه‌های سازمان‌های صنایع و معادن هر استان به شمار می‌رود. در این راستا بازنگری معادن متروکه در ایران از جمله مواردی است که اهمیت بسزایی دارد.

تعریف معدن متروکه در کشور ما تا حدی با تعریف آن در کشورهای پیشرفته متفاوت است. در ایران، متروکه‌شدن یک معدن عمدتاً به دلیل پایان پذیرفتن ذخیره آن نبوده بلکه عوامل دیگری همچون ضعف تکنولوژی، شرایط اقتصادی، مسائل فرهنگی و غیره باعث این امر شده‌اند. از آنجا که در گذشته در این معادن عملیات معدنکاری انجام می‌گرفته، لذا وجود کانسنگ در آن‌ها محرز می‌باشد و ریسک سرمایه‌گذاری اکتشافی در این محدوده‌ها تا حد زیادی کاهش می‌یابد. همچنین در این معادن امکاناتی مانند راه، تونل، ریل، آب و غیره موجود است که جزو سرمایه‌های ملی محسوب شده و لازم است برای افزایش بهره‌وری و استفاده از این سرمایه‌های بلااستفاده، این معادن مورد ارزیابی مجدد قرار گیرند. اولین مرحلهٔ احیا مجدد این معادن، بازنگری و جمع‌آوری اطلاعات موجود آن‌ها و ساماندهی جهت ارائه و بررسی برای سرمایه‌گذاری می باشد.

در حال حاضر ایران بزرگترین تولیدکننده سرب و روی در خاورمیانه و بیستمین دارنده ذخایر سرب و روی جهان است و پتانسیل بالای کانسارها و معادن سرب و روی ایران از جایگاه منطقه‌ای ویژه‌ای برخوردار است. با تکیه بر این جایگاه و نیز در نظر گرفتن اهمیت توسعه معادن کوچک در رونق اقتصادی کشور می‌توان به اهمیت معادن موجود و متروکه این ماده معدنی با ارزش پی برد.

استان یزد به عنوان یکی از استان‌های غنی و پرپتانسیل معدنی کشور، دارای معادن فعال و متروکه متعددی می‌باشد که با توجه به زیرساخت‌های فنی و نیروی انسانی موجود در استان می‌توانند به عنوان بنگاه‌های کوچک اقتصادی مورد توجه قرار گیرند.

با توجه به فراوانی معادن سرب و روی متروکه در استان یزد و نیز فعالیت‌های معدنی انجام شده در این معادن، در این تحقیق سعی شده است قابلیت بهره‌برداری مجدد و سرمایه‌گذاری در معادن سرب و روی متروکه استان یزد مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تسلط تقریبی 3[1] استفاده شده است.

2- روش تسلط تقریبی 3

روش تسلط تقریبی در سال 1961 برای اولین بار برای حل مسائل تصمیم‌گیری ارائه شد[3]. در سال‌های بعد با توجه به پیچیدگی مسائل تصمیم‌گیری جدید و توسعه کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش‌های مختلفی به عنوان زیرشاخه روش تسلط تقریبی برای حل مسائل مختلف و ویژه آن روش‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

پیشنهاد گردید. از آن پس روش اولیه ارائه شده به نام روش تسلط تقریبی 1 شهرت یافت. با توجه به اینکه فلسفه تمامی روش‌های پیشنهادی جدید با روش تسلط تقریبی-1 یکسان است، نام روش تسلط تقریبی2، 3، 4 و (ELECTRE I, TRI II, III, IV, TRI) برای آن‌ها انتخاب شده است. اختلاف انواع مختلف روش‌های تسلط تقریبی در نوع عملیات ریاضی و نوع مسائلی است که این روش‌ها قادر به حل آن‌ها می‌باشند.

روش تسلط تقریبی1 به طور خاص برای حل مسائل انتخاب[2]، روش تسلط تقریبی TRI برای مسائل تخصیص و روش‌های 2، 3 و 4 برای مسائل اولویت‌بندی (رتبه‌بندی) استفاده می‌شوند[2]. در میان این روش‌ها روش 3 با توجه به تعداد آستانه‌های استفاده شده و حساسیت در تشخیص نسبت بین گزینه‌ها (برتری یا غلبه) از کاربردهای بسیار زیادی در علوم مدیریتی و مهندسی برخوردار است. با توجه به توانایی این روش در مسائل رتبه‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌های مفروض در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، در این تحقیق به منظور اولویت‌بندی بهره‌برداری از معادن سرب و روی زیرزمینی متروکه استان یزد از این روش استفاده شده است.

2-1- مراحل انجام روش تسلط تقریبی3

گام اول) تشکیل ماتریس تصمیم

در این روش نیز همانند سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و به ویژه سایر روش‌های تسلط تقریبی، تشکیل ماتریس تصمیم اولین گام به حساب می‌آید. در ماتریس تصمیم مشخصات گزینه‌ها از نظر معیارها ذکر می‌شود (شکل 1).

	معیارها			
گزینه‌ها	$\mathbf{C_1}$	$\mathbf{C_2}$	.....	$\mathbf{C_n}$
$\mathbf{a_1}$	g_{1a_1}	g_{2a_1}	.....	g_{na_1}
$\mathbf{a_2}$	g_{1a_2}	g_{2a_2}		g_{na_2}
⋮				⋮
$\mathbf{a_m}$	g_{1am}	g_{2a_m}	.....	g_{na_m}

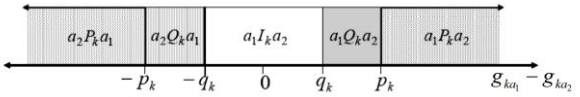
شکل8: ماتریس تصمیم

گام دوم) اختصاص وزن معیارها و آستانه‌های ارتباط

در روش تسلط تقریبی1 به منظور مقایسه و بررسی ارتباط بین گزینه‌ها از آستانه‌های موافقت[3] و مخالفت[4] استفاده می‌شود. در روش تسلط تقریبی3 به منظور تقویت توان شناسایی گزینه‌های برتر و نیز دخالت دادن نظر تصمیم‌گیرندگان در مراحل انتخاب، سه آستانه جدید معرفی و مورد استفاده قرار می‌گیرد [2-5]. نام آستانه‌ها و علائم اختصاری مورد استفاده هر کدام در جدول 1 آورده شده‌است. مفهوم عملی آستانه‌های مذکور در شکل 2 ارائه شده است.

جدول 8: آستانه‌ها و علائم آن‌ها در روش تسلط تقریبی :

آستانه بی‌تفاوتی[5]	$\mathbf{q}$
آستانه ترجیح[6]	$\mathbf{p}$
آستانه رد[7]	$\boldsymbol{\tau}$



شکل9: مفهوم آستانه‌های به کار رفته در تسلط تقریبی : [=]

با توجه به شکل 2، اگر هدف مقایسه دو گزینه a_1 و a_2 از دیدگاه معیار k باشد (مقایسه g_{ka_1} با g_{ka_2})، پنج حالت به شرح ذیل ممکن است بین دو گزینه پیش آید:

1) اگر $-q_k < g_{ka_1} - g_{ka_2} < q_k$، آنگاه a_1 تقریباً با a_2 برابر است و به صورت $a_1 I_k a_2$ نشان داده می‌شود.

2) اگر $q_k < g_{ka_1} - g_{ka_2} < p_k$، آنگاه a_1 بر a_2 ترجیح دارد و به صورت $a_1 Q_k a_2$ نشان داده می‌شود.

3) اگر $p_k < g_{ka_1} - g_{ka_2}$، آنگاه a_1 به طور کامل a_2 را رد می‌کند و به صورت $a_1 P_k a_2$ نشان داده می‌شود.

4) اگر $-p_k < g_{ka_1} - g_{ka_2} < -q_k$، آنگاه a_2 بر a_1 ترجیح دارد و به صورت $a_2 Q_k a_1$ نشان داده می‌شود.

5) اگر $g_{ka_1} - g_{ka_2} < -p_k$، آنگاه a_2 به طور کامل a_1 را رد می‌کند و به صورت $a_2 P_k a_1$ نشان داده می‌شود.

کلیه آستانه‌های مذکور به طور جداگانه برای هر معیار در نظر گرفته می‌شوند. این آستانه‌ها توسط فرد یا تیم تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شوند. لذا تجربه و آگاهی فرد تصمیم‌گیرنده نقش بسیار حیاتی در تعیین این شاخص‌ها دارد.

یکی از پارامترهای مهم دیگر در روش تسلط تقریبی3 وزن یا درجه اهمیت هر یک از معیارها در انتخاب گزینه مناسب می‌باشد. وزن معیارهای موجود عموماً توسط متخصصان و تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود. مجموع وزن معیارها یک است.

گام سوم) تشکیل ماتریس موافقت برای هر معیار

در این مرحله با استفاده از ماتریس تصمیم تشکیل شده در گام اول و نیز آستانه‌های تعیین شده در گام دوم با توجه به

www.SID.ir

Archive of SID

ارتباط گزینه‌ها از نظر هر یک از معیارها، یک ماتریس موافقت (C_i) برای هر معیار تشکیل می‌شود. هر یک از درایه‌های ماتریس‌های موافقت مذکور با استفاده از روابط 1 تا 3 قابل محاسبه‌اند [4].

$$C_k(a_1,a_2)=0 \qquad if \quad p_{ka_2} < g_{ka_2}-g_{ka_1} \qquad (1)$$

$$C_k(a_1,a_2)=\frac{g_{ka_1}+p_{ka_2}-g_{ka_2}}{p_{ka_2}-q_{ka_2}} \qquad if \quad q_{ka_2} < g_{ka_2}-g_{ka_1} < p_{ka_2} \qquad (2)$$

$$C_k(a_1,a_2)=1 \qquad if \quad g_{ka_2}-g_{ka_1} \le q_{ka_2} \qquad (3)$$

گام چهارم) تشکیل ماتریس موافقت کلی

در این مرحله با توجه به ماتریس‌های موافقت تشکیل شده برای هر یک از معیارها، با استفاده از رابطه 4 ماتریس موافقت کلی (C) تشکیل می‌شود [4].

$$C(a_1,a_2)=\frac{\sum_{k=1}^{n} w_k C_k(a_1,a_2)}{\sum_{k=1}^{n} w_k} \qquad (4)$$

که در آن w_k وزن هر معیار می‌باشد.

گام پنجم) تشکیل ماتریس مخالفت برای هر معیار

در این مرحله نیز همانند گام سوم، با استفاده از ماتریس تصمیم و نیز آستانه‌های تعیین شده، ماتریس مخالفت (D_k) گزینه‌ها از نظر معیارها با استفاده از روابط 5 تا 7 تشکیل می‌شود [4].

$$D_k(a_1,a_2)=0 \qquad if \quad g_{ka_2}-g_{ka_1} \le p_{ka_2} \qquad (5)$$

$$D_k(a_1,a_2)=\frac{g_{ka_1}+p_{ka_2}-g_{ka_2}}{\tau_{ka_2}-p_{ka_2}} \qquad if \quad p_{ka_2} < g_{ka_2}-g_{ka_1} < \tau_{ka_2} \qquad (6)$$

$$D_k(a_1,a_2)=1 \qquad if \quad \tau_{ka_2} < g_{ka_2}-g_{ka_1} \qquad (7)$$

گام ششم) تشکیل ماتریس مخالفت کلی

در این مرحله با توجه به ماتریس‌های مخالفت تشکیل شده برای هر یک از معیارها، با استفاده از رابطه 8 ماتریس مخالفت کلی (D) تشکیل می‌شود [4].

$$D(a_1,b_2)=\frac{\sum_{k=1}^{n} w_k D_k(a_1,a_2)}{\sum_{k=1}^{n} w_k} \qquad (8)$$

گام هفتم) تشکیل ماتریس اعتبار[8]

پس از تشکیل ماتریس موافقت کلی و ماتریس مخالفت کلی، در این مرحله ماتریس اعتبار (S) بین گزینه‌های مختلف و بر اساس دو ماتریس فوق تشکیل می‌شود. درایه‌های ماتریس اعتبار با استفاده از رابطه ریاضی 9 قابل محاسبه‌اند [4].

(9)

$$S(a_1,a_2)=\begin{cases} C(a_1,a_2) & if \ D_k(a_1,a_2) \le C(a_1,a_2) \\ C(a_1,a_2)\prod_{\{k_i:D_k,(a_1,a_2)\}} \frac{1-D_k(a_1,a_2)}{1-C(a_1,a_2)} & otherwise \end{cases}$$

گام هشتم) تشکیل ماتریس مقایسه نهایی

برای تشکیل ماتریس مقایسه نهایی، با توجه به ماتریس S محاسبه شده در گام هفتم، شاخص‌های λ و $S(\lambda)$ به صورت زیر تعریف و محاسبه می‌شوند [4]:

$$\lambda=\max(S) \qquad (15)$$

$$S(\lambda)=0.3-0.15\lambda \qquad (11)$$

ماتریس مقایسه نهایی (T) با استفاده از رابطه 12 تشکیل می‌شود [4].

$$T(a_1,a_2)=\begin{cases} 1 & if \ S(a_1,a_2) > \lambda - S(\lambda) \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (12)$$

پس از تشکیل ماتریس مقایسه نهایی، به منظور اولویت‌بندی گزینه‌های مورد بررسی، یک بار گزینه‌ها از بهترین حالت به بدترین حالت مرتب می‌شوند و یک بار هم از حالت بدترین گزینه به بهترین گزینه مرتب می‌شوند. در نهایت با مقایسه دو روند نزولی و صعودی، رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به دست می‌آید.

3- مشخصات معادن سرب و روی متروکه استان یزد

با توجه به اسناد و اطلاعات موجود پیرامون معادن و کانسارهای متروکه سرب و روی استان یزد [15-7]، در مجموع پنج مشخصه و پارامتر مهم شامل: فاصله تا جاده اصلی و کیفیت راه‌ها، کارهای معدنی انجام شده در گذشته، عیار و نوع ماده معدنی، شکل کانسار و ذخیره معدن برای اولویت‌بندی بهره‌برداری از این معادن استخراج شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مشخصات مربوط به 21 معدن و کانسار متروکه سرب و روی استان یزد به طور خلاصه در جدول 2 ارائه شده است. چنانچه در جدول مشاهده می‌شود، متأسفانه اطلاعات موجود درباره معادن متروکه استان یزد کامل نبوده و اطلاعات لازم در مورد برخی مشخصات بسیار مهم همچون میزان ذخیره و عیار کانسارها در دست نیست و این امر ارزیابی و مطالعه درباره قابلیت بهره‌برداری مجدد از این معادن را مشکل ساخته

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 9: مشخصات مربوط به معادن و کانسارهای متروکه سرب و روی استان یزد

	نام معدن	فاصله تا جاده اصلی و کیفیت راه‌ها	کارهای معدنی انجام شده در گذشته	شکل کانسار	عیار و نوع ماده معدنی	ذخیره (تن)
1	**آب حیدر**	فاصله تا حاجی‌آباد 13 کیلومتر	6 حلقه تونل، 2 گزنگ، یک چاه، 3 دویل، 6 دستک.	رگه‌ای	.....، سولفوره	نامعلوم
2	**گیجرکوه**	15 کیلومتر جاده خاکی، از سه راهی محمدآباد تا بهاباد آسفالته.	یک تونل به طول 166 متر، ظاهراً سالم.	رگه‌ای	پرعیار، اکسیده	95235
3	**ریگ کلاغی**	شبیه گیجر کوه، 3 کیلومتر با گیجرکوه فاصله دارد.	یک تونل به طول 95 متر، یک چاه و یک گزنگ.	رگه‌ای	.....، اکسیده	نامعلوم
4	**سنجدو**	27 کیلومتر آسفالته تا بهاباد، 7 کیلومتر خاکی خیلی بد.	2 تونل، 3 ترانشه، یک چاه به عمق 125 متر.	رگه‌ای	.....، اکسیده	نامعلوم
5	**فرک**	12 کیلومتر تا آبادی فرک، جاده مالرو و تخریب شده	3 ترانشه، 3 حلقه چاه، یک تونل.	نامعلوم	.....، سولفوره	نامعلوم
6	**احمدآباد**	6 کیلوکتر جاده خاکی تا معدن، 15 کیلومتر جاده آسفالته بهاباد تا احمدآباد،	5 تونل سالم جمعاً 315 متر، 2 کارگاه استخراج، 1 گزنگ.	رگه‌ای	.....، اکسیده	نامعلوم
7	**زریگان**	64 کیلومتر تا بافق	3 چاه و شبکه زیرزمینی تا عمق 255 متر.	رگه‌ای	.....	نامعلوم
8	**تاج‌کوه**	1/5 کیلومتر جاده خاکی	چاه، تونل، تجهیزات کانه‌آرایی	رگه‌ای	9٪ روی، 3/5 سرب، اکسیده	89555
9	**چاه میر**	4 کیلومتر جاده خاکی تا جاده آسفالته	2 حلقه چاه، 3 دهانه تونل	رگه‌ای	2/2٪ روی، 5/35٪ سرب، سولفوره	13555
15	**صادق‌آباد**	13 کیلومتر جاده خاکی تا صادق‌آباد	2 عدد ترانشه	رگه‌ای	15-7٪ روی، اکسیده	85555
11	**دره زنجیر**	35 کیلومتر جاده آسفالته تا یزد	تونل‌های متعدد بعضاً ریل‌گذاری‌شده	رگه‌ای	15٪ روی، 5٪ سرب، اکسیده	385555
12	**نصرآباد**	29 کیلومتر جاده آسفالته تا تفت، 5 کیلومتر خاکی تا نصرآباد	3 تونل و 2 ترانشه	رگه‌ای	.....، سرب سولفوره	نامعلوم
13	**کوه قلعه**	14 کیلوگرم جاده خاکی تا آبادی شیطور	1 چاه معدن، 2 تونل	رگه‌ای	.....، اکسید روی	نامعلوم
14	**زرو ابرقو**	31 کیلومتر جاده خاکی، 85 کیلومتری تفت	3 تونل و 2 چاه کم عمق	رگه‌ای	12٪ روی، 5٪ روی، اکسیده	12555
15	**فرح‌آباد**	5 کیلومتر تا فرح‌آباد، 38 کیلومتر آسفالته تا تفت	عملیات اکتشاف	رگه‌ای	8/85٪ سرب	نامعلوم
16	**مهرجرد**	12 کیلومتر جاده خاکی تا حسن‌آباد، بقیه جاده اصلی آسفالته اردکان	5 چاه، تونل‌های متعدد	رگه‌ای	4/8٪ روی، 3/5٪ سرب، سولفوره	396555
17	**مزرعه‌نو**	3/5 کیلومتر جاده خاکی تا مزرعه‌نو، بقیه آسفالته	1 چاه، 1 تونل، 1 ترانشه	رگه‌ای	.....، سولفوره	3555555 (زمین‌شناسی)
18	**بهرام تاج**	6 کیلومتر خاکی تا سه راهی جاده آسفالته	1 چاه، 4 تونل اکتشافی، 1 گزنگ	رگه‌ای	14٪ روی، 1٪ سرب، سولفوره و اکسیده	نامعلوم
19	**هفتهر**	3 کیلوکتر خاکی بقیه آسفالته تا یزد	1 حلقه چاه، 1 تونل	رگه‌ای	.....، اکسیده	نامعلوم
25	**حوض سفید**	5 کیلومتر خاکی، بقیه 22 کیلومتر جاده آسفالته تا اردکان	1 چاه، 1 تونل	رگه‌ای	15٪ سرب و روی، اکسیده و سولفوره	نامعلوم
21	**انجیره**	3 کیلومتر جاده خاکی تا حسن‌آباد، بقیه آسفالته تا یزد	بیش از 5 کیلومتر تونل اصلی و دنباله لایه	رگه‌ای	15٪ روی، اکسیده	113555 ذخیره ممکن

www.SID.ir

Archive of SID

و ریسک سرمایه‌گذاری را بالا می‌برد. لذا از بین معادن و کانسارهای فوق تنها 9 معدن گیجرکوه، تاج‌کوه، چاه میر، صادق آباد، دره زنجیر، زرو ابرقو، مهرجرد، مزرعه‌نو و انجیره به دلیل معلوم بودن ذخیره و عیار کانسار به صورت اولیه انتخاب شدند. سایر معادن به دلیل نبود اطلاعات کافی، از چرخه ارزیابی و مطالعه حذف گردیدند.

در این تحقیق، مسأله دیگر در به کارگیری روش تسلط تقریبی3، یکسان‌سازی کمیت یک پارامتر در تمامی گزینه‌ها است. برای مثال در مورد پارامتر"فاصله تا جاده اصلی و کیفیت راه‌ها" باید یک معیار مشخص برای سنجش این پارامتر به کار گرفته شود. لذا برای کمّی‌کردن پارامتر مربوط به راه معدن، "فاصله معدن تا نزدیک‌ترین جاده آسفالته" مورد نظر قرار گرفت. برای پارامتر کارهای معدنی انجام شده با توجه به تنوع فعالیت‌های انجام شده و نیز ارزیابی‌های انجام شده، برای ارزش‌گذاری این پارامتر در گزینه‌های مختلف از عبارت ضعیف، خوب و خیلی خوب استفاده شده است. با توجه به اینکه شکل کانسار در تمامی معادن انتخاب شده رگه‌ای است لذا به منظور سهولت کار و کاهش محاسبات ریاضی، این پارامتر از معیارهای ارزیابی حذف گردید.

با توجع به معیار عیار و نوع ماده معدنی، به منظور دقت در امتیازدهی به گزینه‌ها، عیار ماده معدنی و نوع ماده معدنی به عنوان دو معیار جداگانه در نظر گرفته‌شدند. همچنین با توجه به مشاوره‌های انجام شده با متخصصان فرآوری، به منظور در نظر گرفتن توأم عیار سرب و عیار روی، در معیار عیار ماده معدنی از عبارات خیلی کم‌عیار، کم عیار، عیار متوسط و پرعیار برای امتیازدهی و تشریح این پارامتر در گزینه‌های مختلف استفاده شده است. کلیه اصلاحات مذکور و جدول نهایی پارامترهای فنی مربوط به 9 معدن انتخاب شده به صورت جدول 3 قابل ارائه است.

پس از یکسان‌سازی معیارهای مختلف ذکر شده در بالا، به منظور ساده‌سازی و عددی‌کردن معیارهای کارهای معدنی انجام شده، عیار ماده معدنی و نوع ماده معدنی، به هر یک از رده‌ها و تفسیرهای کیفی ارائه شده یک امتیاز کمّی (کدهای عددی) اختصاص داده‌شده است (جداول 4 و 5). به دلیل اهمیت بیشتر وجود تونل و چاه با مشخصات معدنی نسبت به دو مورد دیگر، امتیاز عددی این شرایط بیشتر در نظر گرفته شده است.

جدول ؛: نحوه اختصاص کدهای عددی به کارهای معدنی انجام‌شده

شرح وضعیت	شرایط حاکم	کد عددی
خیلی خوب	تونل و چاه با مشخصات معدنی وجود دارد.	5
خوب	تونل و چاه با مشخصات اکتشافی وجود دارد.	2
ضعیف	بدون چاه و تونل	1

جدول >: نحوه اختصاص کدهای عددی به عیار ماده معدنی

شرح وضعیت	شرایط عیاری	کد عددی
پر عیار	≤ 15٪	7
عیار متوسط	7٪ ≤ عیار ≤ 15٪	5
کم عیار	4٪ ≤ عیار ≤ 7٪	3
خیلی کم عیار	≤ 4٪	1

جدول :: جدول نهایی پارامترهای فنی مربوط به@ معدن انتخاب شده برای ارزیابی

	نام	فاصله تا جاده آسفالته اصلی (C_1)	کارهای معدنی انجام شده (C_2)	عیار معدنی (C_3)	نوع ماده معدنی(C_4)	ذخیره (هزارتن) (C_5)
1	**گیجرکوه**	15 کیلومتر	خوب	پر عیار	اکسیده	95/23
2	**تاج‌کوه**	1/5 کیلومتر	خیلی خوب	پر عیار	اکسیده	89
3	**چاه میر**	4 کیلومتر	خیلی خوب	خیلی کم عیار	سولفوره	13/5
4	**صادق‌آباد**	13 کیلومتر	ضعیف	عیار متوسط	اکسیده	85
5	**دره زنجیر**	صفر کیلومتر	خوب	پر عیار	اکسیده	385
6	**زرو ابرقو**	31 کیلومتر	خوب	پر عیار	اکسیده	12
7	**مهرجرد**	12 کیلومتر	خیلی خوب	عیار متوسط	سولفوره	396
8	**مزرعه‌نو**	3/5 کیلومتر	خوب	خیلی کم عیار	سولفوره	1555
9	**انجیره**	3 کیلومتر	خوب	عیار متوسط	اکسیده	56/5

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین با توجه به کیفی بودن پارامتر مربوط به نوع ماده معدنی، با توجه به ملاحظات فنی (از دیدگاه فرآوری مواد معدنی) دو کد مختلف برای شناسایی نوع ماده معدنی اختصاص داده شد (جدول 6).

جدول = نحوه اختصاص کدهای عددی به نوع ماده معدنی

نوع ماده معدنی	کد عددی
سولفوره	3
اکسیده	1

با این کار تمامی مشخصات معادن مورد مطالعه به صورت کمی و عددی درآمدند. مشخصات کمی تمامی معادن مورد مطالعه بر اساس امتیازدهی و کدگذاری شرح داده شده به صورت جدول 7 می‌باشد.

جدول < جدول نهایی پارامترهای فنی مربوط به@ معدن انتخاب شده برای ارزیابی

	نام	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1	**گیجرکوه**	15	2	7	1	95/23
2	**تاج‌کوه**	1/5	5	5	1	89
3	**چاه میر**	4	5	1	3	13/5
4	**صادق‌آباد**	13	1	5	1	85
5	**دره زنجیر**	صفر	2	7	1	385
6	**زرو ابرقو**	31	2	7	1	12
7	**مهرجرد**	12	5	3	3	396
8	**مزرعه‌نو**	3/5	2	1	3	1555
9	**انجیره**	3	2	5	1	56/5

4- اولویت‌بندی معادن مورد مطالعه با استفاده از روش تسلط تقریبی 3

برای اولویت‌بندی بهره‌برداری از معادن سرب و روی زیرزمینی متروکه استان یزد، با توجه به مشخصات معادن انتخاب شده و تغییرات ایجاد شده بر روی آن‌ها، محاسبات مربوط به روش تسلط تقریبی3 طبق مراحل ارائه شده در بخش دو به شرح زیر انجام شده است.

گام اول) ماتریس تصمیم به شرح شکل 3 می‌باشد.

گام دوم) در این تحقیق به منظور اختصاص وزن به معیارهای تصمیم‌گیری و نیز تعیین آستانه‌های ارتباط گزینه‌ها از یک گروه پنج نفره متخصصان معدن‌کاری زیرزمینی در کشور نظرسنجی به عمل آمده و نتایج کلی و نهایی این نظرسنجی به شرح جدول 8 می‌باشد.

		معیارها				
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
گزینه‌ها	**8**	15	2	7	1	95/23
	9	1/5	5	7	1	89
	:	4	5	1	3	13/5
	;	13	1	5	1	85
	<	صفر	2	7	1	385
	=	31	2	7	1	12
	>	12	5	5	3	396
	?	3/5	2	1	3	1555
	@	3	2	5	1	56/5

شکل :: ماتریس تصمیم

جدول ?: آستانه‌ها و وزن معیارهای تصمیم‌گیری

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
w	5/35	5/3	5/19	5/59	5/57
q	٪15	5	5	5	٪15
p	٪15	2	2	2	٪25
τ	٪35	3	3	-	٪45

گام سوم) تشکیل ماتریس موافقت برای هر معیار

با توجه به تعداد معیارهای مورد استفاده در انتخاب، ماتریس‌های موافقت (برای هر معیار یک ماتریس) به شرح شکل 4 محاسبه و تشکیل شدند.

گام چهارم) تشکیل ماتریس موافقت کلی

با توجه به ماتریس‌های به دست آمده در گام سوم، ماتریس موافقت کلی به صورت شکل 5 حاصل می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

C	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		/355	/265	1	/585	1	/545	/495	/655
9	1		/915	1	/585	1	/845	/845	1
:	5/74	/395		/745	/395	/815	/745	/625	/395
;	5/24	/165	/265		/245	/665	/345	/345	5/5
<	1	5/7	/615	1		1	/715	/845	1
=	5/58	/285	/245	/585	/585		/195	/495	/585
>	5/46	/465	/655	/655	/465	/815		/585	/655
?	5/81	/165	5/7	/815	/815	/815	/515		/465
@	5/44	/595	/725	/935	/395	/515	/845	/845	

شکل <: ماتریس موافقت کلی (C)

C_1

	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5	5	1	5	1	1	5	5
9	1		1	1	5	1	1	5/11	1
:	1	5		1	5	1	1	1	5
;	5	5	5		5	1	5	5	5
<	1	1	1	1		1	1	1	1
=	5	5	5	5	5		5	5	5
>	5	5	5	5	5	1		5	5
?	1	5	1	1	5	1	1		5
@	1	5	1	1	5	1	1	1	

C_2

	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5	5	1	1	1	5	1	1
9	1		1	1	1	1	1	1	1
:	1	1		1	1	1	1	1	1
;	5/5	5	5		5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
<	1	5	5	1		1	5	1	1
=	1	5	5	1	1		5	1	1
>	1	1	1	1	1	1		1	1
?	1	5	5	1	1	1	5		1
@	5	5	1	1	1	5	1	1	

C_3

	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		1	1	1	1	1	1	1	1
9	1		1	1	1	1	1	1	1
:	5	5		5	5	5	5	1	5
;	5	5	1		5	5	1	1	1
<	1	1	1	1		1	1	1	1
=	1	1	1	1	1		1	1	1
>	5	5	1	1	5	5		1	1
?	5	5	1	5	5	5	5		5
@	5	5	1	1	5	5	1	1	

C_4

	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		1	5	1	1	1	5	5	1
9	1		5	1	1	1	5	5	1
:	1	1		1	1	1	1	1	1
;	1	1	5		1	1	5	5	1
<	1	1	5	1		1	5	5	1
=	1	1	5	1	1		5	5	1
>	1	1	1	1	1	1		1	1
?	1	1	1	1	1	1	1		1
@	1	1	5	1	1	1	5	5	

C_5

	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		1	1	1	5	1	5	5	1
9	1		1	1	5	1	5	5	1
:	5	5		5	5	1	5	5	5
;	5	5/97	1		5	1	5	5	1
<	1	1	1	1		1	1	5	1
=	5	5	5/75	5	5		5	5	5
>	1	1	1	1	1	1		5	1
?	1	1	1	1	1	1	1		1
@	5	5	1	5	5	1	5	5	

شکل ;: ماتریس‌های موافقت برای هر معیار

D_1

	8	9	:	;	<	=	>	?	
8		1	1	5	1	5	5/5	1	1
9	5		5	5	1	5	5	5	5
:	5	1		5	1	5	5	1	1
;	1	1	1		1	5	1	1	1
<	5	5	5	5		5	5	5	5
=	1	1	1	1	1		1	1	1
>	1	1	1	1	1	5		1	1
?	5	1	5	5	1	5	5		1
@	5	1	5	5	1	5	5	5	

D_2

	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		1	1	5	5	5	1	5	5
9	5		5	5	5	5	5	5	5
:	5	5		5	5	5	5	5	5
;	5	1	1		5	5	1	5	5
<	5	1	1	5		5	1	5	5
=	5	1	1	5	5		1	5	5
>	5	5	5	5	5	5		5	5
?	5	1	1	5	5	5	1		5
@	5	1	1	5	5	5	1	5	

www.SID.ir

Archive of SID

D_3	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5	5	5	5	5	5	5	5
9	5		5	5	5	5	5	5	5
:	1	1		1	1	1	1	5	1
;	5	5	5		5	5	5	5	5
<	5	5	5	5		5	5	5	5
=	5	5	5	5	5		5	5	5
>	5	5	5	5	5	5		5	5
?	1	1	5	1	1	1	1		1
@	5	5	5	5	5	5	5	5	

D_4 C_4	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5	5	5	5	5	5	5	5
9	5		5	5	5	5	5	5	5
:	5	5		5	5	5	5	5	5
;	5	5	5		5	5	5	5	5
<	5	5	5	5		5	5	5	5
=	5	5	5	5	5		5	5	5
>	5	5	5	5	5	5		5	5
?	5	5	5	5	5	5	5		5
@	5	5	5	5	5	5	5	5	

D_4	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5	5	5	1	5	1	1	5
9	5		5	5	1	5	1	1	5
:	1	1		1	1	5	1	1	1
;	5	5	5		1	5	1	1	5
<	5	5	5	5		5	5	1	5
=	1	1	5	1	1		1	1	1
>	5	5	5	5	5	5		1	5
?	5	5	5	5	5	5	5		5
@	1	1	5	1	1	5	1	1	

شکل =: ماتریس‌های مخالفت برای هر معیار

گام پنجم) تشکیل ماتریس مخالفت برای هر معیار

با توجع به روابط ارائه شده، پنج ماتریس مخالفت تشکیل شده برای معیارهای مختلف به شرح شکل 6 می‌باشد.

گام ششم) تشکیل ماتریس مخالفت کلی

با توجه به ماتریس‌های به دست آمده در گام پنجم، ماتریس مخالفت کلی به صورت شکل 7 حاصل می‌شود.

D	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5/65	5/65	5	5/42	5	5/55	5/42	5/35
9	5		5	5	5/42	5	5/57	5/57	5
:	5/26	5/61		5/57	5/61	5/19	5/26	5/42	5/61
;	5/35	5/65	5/65		5/42	5	5/72	5/42	5/35
<	5	5/3	5/3	5		5	5/3	5/57	5
=	5/42	5/72	5/65	5/42	5/42		5/72	5/42	5/42
>	5/35	5/35	5/35	5/35	5/35	5		5/42	5/35
?	5/19	5/84	5/3	5/19	5/54	5/19	5/49		5/54
@	5/57	5/72	5/3	5/57	5/42	5	5/37	5/57	

شکل 7: ماتریس‌های مخالفت کلی (D)

گام هفتم) تشکیل ماتریس اعتبار

با توجه به ماتریس‌های موافقت کلی و ماتریس مخالفت کلی، در این گام ماتریس اعتبار (S) به صورت شکل 8 محاسبه شده است.

S	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5	5	1	5	1	5	5	5
9	1		/915	1	5	1	5	5	1
:	5	5		5	5	5	5	5	5
;	5	5	5		5	/665	5	5	5
<	1	5	5	1		1	5	5	1
=	5	5	5	5	5		5	5	5
>	1	5	5	5	5	/815		5	5
?	5	5	5	5	5	5	5		5
@	5	5	5	5	5	/515	5	5	

شکل ?: ماتریس اعتبار (S)

گام هشتم) تشکیل ماتریس مقایسه نهایی

با توجه به ماتریس S محاسبه شده، شاخص‌های λ و $S(\lambda)$ به ترتیب 1 و 5/15 به دست می‌آیند. سپس ماتریس مقایسه نهایی (T) با استفاده از روابط ذکر شده به صورت شکل 9 تشکیل می‌شود.

T	8	9	:	;	<	=	>	?	@
8		5	5	1	5	1	5	5	5
9	1		1	1	5	1	5	5	1
:	5	5		5	5	5	5	5	5
;	5	5	5		5	5	5	5	5
<	1	5	5	1		1	5	5	1
=	5	5	5	5	5		5	5	5
>	1	5	5	5	5	1		5	5
?	5	5	5	5	5	5	5		5
@	5	5	5	5	5	5	5	5	

شکل@: ماتریس مقایسه نهایی (T)

پس از تشکیل ماتریس اعتبار، چنانچه ذکر شد نوبت به اولویت‌بندی و مرتب‌سازی گزینه‌ها می‌رسد برای این منظور ابتدا گزینه‌ها با حذف گزینه برتر و تشکیل مکرر ماتریس‌های S

www.SID.ir

Archive of SID

و T از بهترین حالت به بدترین (رتبه‌بندی نزولی) مرتب می‌شوند. سپس در مرحله بعد همانند مرحله قبل گزینه‌ها از بدترین حالت به بهترین حالت مرتب می‌شوند (رتبه‌بندی صعودی). نتیجه پیاده‌سازی این دو فرآیند بر روی ماتریس شکل 11 به شرح زیر می‌باشد.

رتبه‌بندی نزولی

$2>5>7>1>4=9>3=6=8$

رتبه‌بندی صعودی

$2=5=7=8>3>9>1>4>6$

برای تعیین رتبه‌بندی نهایی باید چند نکته را در نظر گرفت:

1) اگر یک گزینه نسبت به گزینه دیگر هم دارای ترجیح بیشتر و هم دارای ترجیح برابر باشد، در رتبه‌بندی نهایی آن گزینه ترجیح داده می‌شود. به طور مثال گزینه 2 در رتبه‌بندی نزولی بالاتر از گزینه 5 ولی در رتبه‌بندی صعودی دارای اولویت برابر است. لذا در رتبه‌بندی نهایی گزینه 2 به گزینه 5 اولویت دارد.

2) اگر گزینه‌ای در یک رتبه‌بندی نسبت به گزینه دیگر دارای اولویت پائین‌تر و در رتبه‌بندی دیگر دارای اولویت بالاتر باشد، در رتبه‌بندی نهایی این دو گزینه هم اولویت (مساوی(=)) خواهند بود. گزینه 3 و 9 دارای چنین شرایطی هستند.

با در نظر گرفتن دو نکته فوق و نیز رتبه‌بندی‌های نزولی و صعودی ذکر شده، رتبه‌بندی نهایی به شرح زیر به دست می‌آید:

$2>5>7>8>1=3=9>4>6$

5- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف از این تحقیق اولویت‌بندی بهره‌برداری از معادن سرب و روی زیرزمینی متروکه استان یزد با استفاده از روش تسلط تقریبی 3 بوده است. برای این منظور اطلاعات 21 معدن موجود در استان جمع‌آوری گردیده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. با مطالعات اولیه انجام گرفته، 9 معدن برای اخذ تصمیم و رتبه‌بندی از نظر قابلیت سرمایه‌گذاری وارد ماتریس تصمیم‌گیری شدند. با انجام نظرسنجی از یک شورای پنج نفره از متخصصان معدن‌کاری زیرزمینی وزن معیارهای تصمیم‌گیری و نیز آستانه‌ها تعیین گردیدند. با انجام عملیات ریاضی مربوط به روش تسلط تقریبی 3 اولویت‌بندی گزینه‌ها انجام گرفت.

از نظر قابلیت سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری مجدد، معادن تاج‌کوه، دره زنجیر، مهرجرد، مزرعه‌نو، چاه‌میر= گیجرکوه = انجیره، صاق‌آباد و زروابرقو به ترتیب دارای اولویت‌های اول تا هفتم سرمایه‌گذاری هستند.

با توجه به اینکه در این تحقیق معیارهای فنی و اقتصادی به صورت تواماً مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور سرمایه‌گذاری عملی و واگذاری این معادن به بخش خصوصی باید مطالعات اقتصادی به منظور تعیین جریان نقدینگی و نیز تعیین میزان سود واقعی این معادن انجام گیرد تا افق سرمایه‌گذاری در این معادن روشن‌تر باشد.

6- تقدیر و تشکر

بدین وسیله از زحمات و راهنمایی‌های آقایان مهندس خداکرم غریبی و دکتر سید محمد اسماعیل جلالی کمال امتنان و سپاسگزاری را داریم.

منابع

[1] هفته‌نامه معدن و توسعه؛ 1387؛ سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، سال پنجم، شماره 289، ص8.

[2] Wang, X., and E. Triantaphyllou; 2006; به *Ranking Irregularities When Evaluating Alternatives by Using Some ELECTRE Methods* پOmega, Vol. 36, No. 1, pp. 45-63.

[3] Roy, B. ;1990; به *The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods* پ, Readings in Multiple Criteria Decision Aid, C.A. Banae Costa (edited.), Springer-Verlag, pp. 155-183.

[4] Buchanan, J., Sheppard, Ph., and Vanderpooten, D.; 1999; به *Project ranking using ELECTRE III* پ, Research report 99-01, University of Waikato, Dept of Management Systems, New-Zealand, p. 21.

[5] Vanderpooten, D.; 1990; به *The construction of prescriptions in outranking methods* پ, Readings in Multiple Criteria Decision Aid, C.A. Banae Costa (edited.), Springer-Verlag, pp. 184-215.

[6] Kim, J., Lee, Y., and Kim S.K.; 2006; به *A mathematical model to implement ELECTRE 1s for coordinated multi-reservoir operation* پ, 7th International Conference on Hydro-informatics, HIC2006, Nice, FRANCE, pp. 1-8.

[7] فرجود، حسین؛ 1375؛ **طرح بررسی و تعیین بالاترین پتانسیل ذخیره معادن متروکه سرب و روی یزد**، شرکت معادن بافق، 194 ص.

[8] وزارت صنایع و معادن؛ 1375؛ **طرح پی‌جویی و اکتشافات سراسری سرب و روی ایران**، گزارش شماره 5- کانسارهای محدوده استان یزد، 276 ص.

www.SID.ir

Archive of SID

[9] شـرکت مشـاورین علـم و صـنعت؛ 1376؛ **طـرح مطالعـات قابلیت‌سنجی و امکان‌سنجی منابع معدنی**، یزد، 255 ص.

[15] اسناد (طرح‌هـای اکتشـاف و طـرح‌هـای بهـره‌بـرداری معـادن) موجود در بایگانی سازمان صنایع و معادن استان یزد.

پی‌نوشت‌ها

[1]- ELECTRE III
[2] Selection problems
[3] Concordance threshold
[4] Discordance threshold
[5] Indifference threshold
[6] Preference threshold
[7] Veto threshold
[8] Credibility matrix

www.SID.ir