Archive of SID

نشریه مهندسی منابع معدنی
Journal of Mineral Resources Engineering
(JMRE)

دوره دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۳۷ تا ۵۱
Vol. 2, No. 3, Autumn 2017, pp. 37-51

اولویت‌بندی معادن مس اکسیده در استان سمنان برای سرمایه‌گذاری با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل

عادل متحدی[۱]، محمد محمدی بهبود[۲]، سید محمد اسماعیل جلالی[۳*]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۳- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

(دریافت ۱۳۹۵/۰۲/۲۴، پذیرش ۱۳۹۶/۰۷/۲۴)

چکیده

اولویت‌بندی معادن برای سرمایه‌گذاری یکی از مسایل مهم در مباحث اقتصادی معدنکاری است. در این نوع مسایل، معادن با توجه به مشخصات آن‌ها مانند میزان ذخیره، توان مجموعه بهره‌بردار، ظرفیت تولید مس، فاصله از راه‌های ارتباطی و نظایر آن، رتبه بندی می‌شوند. بر اساس این رتبه‌بندی، اولویت سرمایه‌گذاری بر روی هر معدن مشخص می‌شود. در این تحقیق با به‌کارگیری روش شباهت به گزینه ایده‌آل که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است، اولویت سرمایه‌گذاری برای معادن مس اکسیده استان سمنان مشخص شده است. در این روش با در نظر گرفتن معیارهای مختلف، رتبه‌بندی و انتخاب گزینه مناسب انجام می‌شود. در این تحقیق، ۱۲ معیار مختلف و ۳۳ معدن مس استان سمنان برای اولویت‌بندی در نظر گرفته شدند. معیارهای تصمیم‌گیری با نظرسنجی از کارشناسان متخصص وزن‌دهی شده و ضریب اهمیت هر کدام به روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین شده است. در نهایت با استفاده از روش تصمیم گیری شباهت به گزینه ایده‌آل معادن مس چاه موسی، کلوت و چاه فراخ به ترتیب در اولویت‌های اول تا سوم به منظور سرمایه‌گذاری قرار گرفته‌اند. همچنین با انجام تحلیل حساسیت بر روی وزن معیارهای تصمیم‌گیری، تاثیرگذارترین معیارها در مساله اولویت‌بندی معادن مورد نظر، مشخص شدند.

کلمات کلیدی

شباهت به گزینه ایده‌آل، اولویت‌بندی معدن، مس اکسیده.

* نویسنده مسئول و عهده دار مکاتبات **Email: jalalisme@shahroodut.ac.ir**

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

با توجه به نیاز کشور به ایجاد رونق و اشتغال، سرمایه‌گذاری در بخش معدن و صنایع وابسته به آن اهمیت زیادی دارد. سرمایه‌گذاری روی معادن و سایر زمینه‌ها مانند کشاورزی و گردشگری، به ویژه در مناطق کویری و بیابانی کشور، مزایای بسیاری برای منطقه به ارمغان می‌آورد. به عنوان مثال همراه با رشد و توسعه صنایع معدنی در یک منطقه، امکانات رفاهی و بهداشتی و مسکن افزایش پیدا می‌کند و با ایجاد اشتغال، مهاجرت و حاشیه‌نشینی در شهرهای بزرگ کاهش می‌یابد.

اولویت‌بندی معادن برای سرمایه‌گذاری بر روی آن‌ها، همواره یکی از مسایل مهم تصمیم‌گیری در مباحث اقتصادی معدنکاری است. تشخیص اینکه کدام یک از گزینه‌های پیشنهادی نسبت به سایر گزینه‌ها اولویت بالاتری دارد بسیار سخت است، زیرا ممکن است یک گزینه از منظر بعضی از معیارها شرایط خوبی داشته باشد اما با لحاظ کردن سایر معیارها شرایط مطلوبی نداشته باشد. در واقع نمی‌توان به سادگی پاسخ ایده‌آلی را برای این مساله که در آن یک گزینه برای تمام معیارها شرایط مطلوبی داشته باشد، پیدا کرد. روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره ابزاری مناسب برای حل این مشکلات هستند. روش‌های شباهت به گزینه ایده‌آل و تحلیل سلسله مراتبی از جمله روش‌های محبوب تصمیم‌گیری‌اند. در روش استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، وقتی تعداد معیارها و گزینه‌ها زیاد باشد، باعث می‌شود که تعداد مقایسات زوجی نیز افزایش پیدا کند که این امر باعث طولانی شدن پرسشنامه شده و پاسخ‌دهندگان ممکن است در مقایسه‌ها دچار اشتباه شوند و یا اینکه به علت کم حوصلگی مقایسه‌ها را با دقت پر نکنند و میزان ناسازگاری افزایش یابد. در مقابل هنگامی که پارامترهای مساله قابل اندازه‌گیری باشند و بتوان آن‌ها را با عدد بیان کرد، روش شباهت به گزینه ایده‌آل روشی مناسب برای حل مساله است. در مطالعه حاضر، ۱۲ عدد معیار تصمیم‌گیری وجود دارد که نیمی از آنها قابل اندازه‌گیری‌اند. همچنین به علت تعداد زیاد گزینه‌ها، تصمیم گرفته شد تا به منظور اولویت‌بندی معادن مس استان سمنان برای عملیات استخراج، روش شباهت به گزینه ایده‌آل که توسط یون و هوانگ در سال ۱۹۸۱ ارایه شده است، به کارگرفته شود. همچنین برای تعیین وزن معیارهای تصمیم‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این روش، مسایل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد و آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل می‌کند و به حل آن می‌پردازد.

در روش شباهت به گزینه ایده‌آل، گزینه‌ها بر اساس شباهت به پاسخ ایده‌آل رتبه‌بندی می‌شوند، به طوری که هرچه یک گزینه شبیه‌تر به پاسخ ایده‌آل باشد به رتبه بهتری دست می‌یابد. در تعریف این روش از دو مفهوم «پاسخ ایده‌آل» و «شباهت به پاسخ ایده‌آل» استفاده شده است. پاسخ ایده‌آل، بهترین پاسخ است که در عمل وجود ندارد ولی سعی بر آن است که پاسخ مورد نظر به آن نقطه نزدیک شود. به منظور اندازه‌گیری شباهت یک گزینه به پاسخ ایده‌آل و ضد ایده‌آل، فاصله آن گزینه از پاسخ ایده‌آل و ضد ایده‌آل اندازه‌گیری می‌شود. سپس گزینه‌ها بر اساس نسبت فاصله از پاسخ ضد ایده‌آل به مجموع فاصله از پاسخ ایده‌آل و ضد ایده‌آل ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. این روش ساده و دارای سرعت مناسب است و برای تعداد زیادی از گزینه‌ها و معیارها به خوبی پاسخگو است. در این روش تصمیم‌گیری در صورت وجود معیارهای مثبت و معیارهای منفی امکان‌پذیر است. خروجی سیستم به صورت کمّی است و علاوه بر تعیین گزینه برتر، رتبه سایر گزینه‌ها به صورت عددی بیان می‌شود[۱]. در این تحقیق، ۳۳ معدن مس موجود در استان سمنان شناسایی و بررسی شده‌اند. اطلاعات موقعیت جغرافیایی معادن مس در جدول ۱ آورده شده است [۴-۲].

۲- پیشینه تحقیقات

در این قسمت برخی از تحقیقات مرتبط با موضوع آورده شده است. عطایی(۱۳۸۴) با استفاده از این روش، روش استخراج مناسب برای معدن مس قلعه‌زری را تعیین کرد[۵]. شکورشهابی و همکاران(۱۳۸۶) با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل ۳۳ ماده معدنی موجود در کشور را برای اولویت در سرمایه‌گذاری رتبه‌بندی کردند. بر اساس این نتایج، مس، زغال، آهن، طلا، کرومیت، سرب و روی مواد معدنی اولویت‌دار برای سرمایه‌گذاری‌اند[۶]. نوجوان و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در برنامه‌ریزی شهری با تاکید بر روش شباهت به گزینه ایده‌آل پرداختند[۷]. عزیزی و همکاران (۱۳۹۴) با به‌کارگیری روش

www.SID.ir

Archive of SID

شباهت به گزینه ایده‌آل بهترین واحدهای سنگ‌شناختی را برای نمونه گیری و انجام آنالیز به منظور بررسی و تعیین ژنز شناسایی کردند[۸]. جعفری و همکاران (۱۳۹۴) برای انتخاب محل نهایی دفن پسماندهای شهری در شهر اردبیل از روش شباهت به گزینه ایده‌آل استفاده کردند[۹]. جاویدیان و بهشتی (۲۰۱۱) برای اولویت‌بندی عوامل فناوری بازشناسی با امواج رادیویی در سازمان‌های مراقبت بهداشتی از روش شباهت به گزینه ایده‌آل استفاده کردند[۱۰]. علوی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش شباهت به گزینه آیده‌آل فازی نوع گیاهان مورد نیاز برای بازسازی سطح زمین در معدن مس سرچشمه را انتخاب کردند[۱۱]. یان و همکاران (۲۰۱۲) با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، مدل هشدار دهنده در معدنکاری زیرزمینی زغال‌سنگ را مورد بررسی قرار دادند[۱۲]. یاری و همکاران (۲۰۱۳) به منظور انتخاب الگوی مناسب انفجار در معدن مس سونگون از ترکیب روش شباهت به گزینه ایده‌آل و روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند[۱۳]. اصفهانی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل شایستگی‌های محوری در شرکت فولاد تکنیک را اولویت‌بندی کردند[۱۴]. پاسلاری و همکاران (۲۰۱۴) به منظور اولویت‌بندی و رتبه‌دهی کلاس‌های آموزشی در یکی از موسسه‌های آموزشی مشهد از روش شباهت به گزینه ایده آل استفاده کرده اند[۱۵]. نجات‌بخش و بهره‌مند (۲۰۱۵) به منظور اولویت‌بندی راهبردهای تولید در یک شرکت از روش فازی شباهت به گزینه ایده‌آل استفاده کردند[۱۶]. پراکاش و بارو (۲۰۱۵) با استفاده از ترکیب روش شباهت به گزینه ایده‌آل و تحلیل سلسله مراتبی راه‌حل‌های به‌کارگیری لجستیک معکوس را اولویت‌بندی کردند[۱۷]. آگراوال و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش فازی شباهت به گزینه ایده‌آل عوامل بحرانی موفقیت در بحث لجستیک معکوس را اولویت‌بندی کردند[۱۸]. کملن (۲۰۱۶) برای اولویت‌بندی فناوری خدماتی در یک موسسه اقتصادی از ترکیب روش شباهت به گزینه ایده‌آل و تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند[۱۹]. یزدانی و همکاران (۲۰۱۶) برای اولویت‌بندی سرمایه اجتماعی در مناطق شهری از روش‌های شباهت به گزینه ایده‌آل و تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند[۲۰]. یاوز (۲۰۱۶) با استفاده از روش تصمیم‌گیری شباهت به گزینه ایده‌آل فازی، تجهیزات باربری یک معدن زغال‌سنگ روباز را در کشور ترکیه انتخاب کردند[۲۱]. علی‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) با به‌کارگیری روش‌های شباهت به گزینه ایده‌آل و تحلیل سلسله مراتبی، نوع روش فرآوری آلونیت را انتخاب کردند[۲۲]. چن و همکاران (۲۰۱۶) با ترکیب روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل روش استخراج مناسب برای لایه نازک زغال‌سنگ انتخاب کردند[۲۳]. اصغری و همکاران (۲۰۱۷) به منظور اولویت‌بندی شاخص‌های تنش حرارتی در معادن روباز از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری شباهت به گزینه ایده‌آل و تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند[۲۴].

۳- روش شباهت به گزینه ایده آل

اگر در یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، برای انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش شباهت به پاسخ ایده‌آل، مراحل کار به شرح زیر است.

۳-۱- تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به تعداد معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به شکل ۱ تشکیل می‌شود[۲]:

$$X=\begin{bmatrix} x_{11}\ldots\ldots\ldots\ldots x_{1n} \\ x_{21}\ldots\ldots\ldots\ldots x_{2n} \\ \vdots\ldots\ldots \\ x_{m1}\ldots\ldots\ldots\ldots x_{mn} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i (i=1,2,3…,m) در رابطه با معیار j (j=1,2,3…,n) است.

۳-۲- بی‌بعدسازی ماتریس تصمیم

برای بی‌بعدسازی ماتریس تصمیم باید معیارهای با ابعاد مختلف به معیارهای بدون بعد تبدیل شوند و ماتریس R به شکل رابطه ۲ تعریف می‌شود[۲]:

$$R=\begin{bmatrix} r_{11}\ldots\ldots\ldots r_{1n} \\ \vdots\ldots\ldots \\ r_{m1}\ldots\ldots\ldots r_{mn} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

روش‌های مختلفی برای بی‌مقیاس کردن وجود دارد، اما در روش شباهت به گزینه ایده‌آل معمولا از رابطه ۳ استفاده می‌شود[۲]:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱: موقعیت معادن مس استان سمنان

ردیف	اسم معدن	محل معدن	عرض جغرافیایی ثانیه-دقیقه-درجه	طول جغرافیایی ثانیه-دقیقه-درجه
۱	گورخان	۴۲کیلومتری معلمان، ۵۰ کیلومتری رشم و ۱۱۶ کیلومتری سمنان	۳۶-۱۲-۰۰	۵۶-۹-۰۰
۲	چاه فراخ	۸ کیلومتری شمال غربی ترود- ۱۴۰کیلومتری شاهرود	۳۵-۲۸-۰۰	۵۴-۱۸-۰۰
۳	قله سوخته	۳۰کیلومتری شمال غربی ترود -۱۶۰ کیلومتری شاهرود	۳۵-۲۸-۰۰	۵۴-۴۸-۰۰
۴	چاه فرسخ	۱۲۲کیلومتری سمنان، ۴۸ کیلومتری معلمان و ۵۶ کیلومتری رشم	۳۵-۲۵-۰۰	۵۴-۱۸-۰۰
۵	سر کویر	۹۸کیلومتری سمنان، ۴۰ کیلومتری معلمان و ۵۶ کیلومتری رشم	۳۵-۲۱-۰۰	۵۴-۱۱-۰۰
۶	کلاته مهران	۱۱۵کیلومتری سمنان، ۴۷ کیلومتری معلمان و ۵۵ کیلومتری رشم	۳۵-۲۱-۰۰	۵۴-۱۲-۰۰
۷	چاه موسی	۲۲کیلومتری روستای دیان و ۱۰۲ کیلومتری دامغان	۳۵-۲۹-۰۰	۵۴-۵۴-۰۰
۸	چشمه شیرین	۵۳کیلومتری رشم، ۴۵ کیلومتری معلمان و سرکویر و ۱۰۵ کیلومتری سمنان	۳۵-۱۷-۰۰	۵۴-۱۰-۰۰
۹	چاه موسی ۲	۱۵کیلومتری شمال ترود و ۱۰۵ کیلومتری دامغان	۳۵-۲۸-۰۰	۵۴-۳۵-۰۰
۱۰	لب کال	۱۵کیلومتری شمال شرق عباس آباد و ۱۱۶ کیلومتری سبزوار و ۳۰ کیلومتری فرومد	۳۶-۲۸-۰۰	۵۶-۲۴-۰۰
۱۱	بزرگ	۷کیلومتری شمال شرق عباس آباد و ۱۲۹ کیلومتری سبزوار و ۳۵ کیلومتری فرومد	۳۶-۲۵-۰۰	۵۶-۲۵-۰۰
۱۲	دامن جلا	۱۳۱کیلومتری عباس آباد و ۱۲۲ کلومتری سبزوار و ۳.۵ کیلومتری شاهرود	۳۶-۲۴-۰۰	۵۶-۲۱-۰۰
۱۳	آسیادیو	۹کیلومتری شمال شرق عباس آباد و ۱۲۷ کیلومتری سبزوار و ۳۲ کیلومتری فرومد	۳۶-۲۵-۰۰	۵۶-۲۸-۰۰
۱۴	حمامی	۲۰کیلومتری شرق عباس آباد و ۱۱۳ کیلومتری شاهرود	۳۶-۲۳-۰۰	۵۶-۱۶-۰۰
۱۵	چغندر سر	۲۵کیلومتری جنوب غرب عباس آباد و ۱۵۰ کیلومتری شاهرود	۳۶-۱۶-۰۰	۵۶-۱۲-۰۰
۱۶	کلوت	۳۵کیلومتری جنوب غرب عباس آباد و ۱۶۰ کیلومتری شاهرود	۳۵-۲۱-۰۰	۵۴-۱۴-۰۰
۱۷	اسب تاش	۴۷کیلومنری جنوب غرب عباس آباد و ۱۲۷ کیلومتری شاهرود	۳۶-۱۵-۰۰	۵۶-۴-۰۰
۱۸	بیارجمند	۵۰کیلومتری شهرستان میامی و نزدیک روستای بیارجمند	۳۵-۵۷-۰۰	۵۵-۵۷-۰۰
۱۹	چاه روگرو	۲۵کیلومتری جنوب بیارجمند و ۱۳۰ کیلومتری شاهرود	۳۵-۵۵-۰۰	۵۵-۴۷-۰۰
۲۰	مهران کویر۲	۱۱۱کیلومتری سمنان، ۴۵ کیلومتری معلمان و ۵۳ کیلومتری رشم	۳۵-۲۰-۰۰	۵۴-۱۲-۰۰
۲۱	چاه آباد سر کویر	۱۱۰کیلومتری سمنان، ۳۵ کیلومتری معلمان و ۴۲ کیلومتری رشم	۳۵-۱۶-۳۰	۵۴-۱۵-۰۰
۲۲	کلوت بلند	۱۱۷کیلومتری سمنان، ۴۰ کیلومتری معلمان و ۵۰ کیلومتری رشم	۳۵-۱۹-۵	۵۴-۱۷-۰۰
۲۳	چشمه حافظ	۲۵کیلومتری معلمان، سرکویر و ۱۳۶ کیلومتری دامغان و ۴۵ کیلومتری ترود	۳۵-۲۲-۰۰	۵۴-۴۰-۰۰
۲۴	چاله کفتر	۲۴کیلومتری ترود، ۱۶۰ کیلومتری دامغان و ۲۶ کیلومتری سطوه	۳۵-۲۲-۰۰	۵۴-۵۵-۰۰
۲۵	گریک عباس آباد	۲۶کیلومتری عباس آباد و ۱۳۷ کیلومتری شاهرود	۳۶-۱۵-۰۰	۵۶-۷-۰۰
۲۶	چاه گله	۲۷کیلومتری شمال غرب ترود و ۱۳۵ کیلومتری دامغان	۳۵-۳۴-۵۵	۵۴-۵۱-۲۷
۲۷	چاه درویش	۲۱کیلومتری جنوب شرق عباس آباد و ۱۳۷ کیلومتری سبزوار	۳۶-۱۵-۰۰	۵۶-۳۵-۰۰
۲۸	گچ کندم	۳۵کیلومتری جنوب غرب عباس آباد و ۱۶۰ کیلومتری شاهرود	۳۶-۱۲-۰۰	۵۶-۹-۰۰
۲۹	باغ آلو	۳۸کیلومتری میامی، ۳۰ کیلومتری ابراهیم آباد و ۱۰۷ کیلومتری شاهرود	۳۶-۳۰-۰۰	۵۶-۰-۰۰
۳۰	کوه زر	۲۹کیلومتری شمال غربی ترود و ۱۶۰ کیلومتری شاهرود	۳۵-۲۸-۰۰	۵۴-۴۷-۰۰
۳۱	فیروز آباد	۲کیلومتری فیروزآباد، ۱۵ کیلومتری فرومد و ۱۱۷ کیلومتری سبزوار	۳۶-۳۰-۰۰	۵۶-۳۶-۰۰
۳۲	چاه شیرین	۱۰۰کیلومتری سمنان و ۴۱ کیلومتری معلمان و ۵۰ کیلومتری رشم	۳۵-۱۸-۰۰	۵۴-۱۰-۰۰
۳۳	چهار فرسخ	۱۱۰کیلومتری سمنان، ۳۶ کیلومتری معلمان و ۴۵ کیلومتری رشم	۳۵-۱۸-۰۰	۵۴-۱۵-۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^{2}}} \quad (۳)$$

در صورتی که فاصله بین مقادیر اندازه‌گیری شده زیاد نباشد، می‌توان برای بی‌مقیاس کردن معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از رابطه‌های ۴ و ۵ استفاده کرد[۲]:

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}-\min\{x_{ij}\}}{\max\{x_{ij}\}-\min\{x_{ij}\}} \quad (۴)$$

$$r_{ij}=\frac{\max\{x_{ij}\}-x_{ij}}{\max\{x_{ij}\}-\min\{x_{ij}\}} \quad (۵)$$

۳-۳- تعیین ماتریس وزن معیارها

بردار وزن معیارها به صورت زیر تعریف می‌شود[۲]:

$$W=[w_1 w_2 w_3 .....w_n]$$

درایه‌های بردار W ضریب اهمیت معیارهای مربوطه است.

۳-۴- تعیین ماتریس تصمیم وزن‌دار

ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار از ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده در بردار وزن معیارها به دست می‌آید[۲]:

$$v_{ij}=w_j r_{ij} \qquad j=1,2...,n; \qquad i=1,2,...,m$$

۳-۵- پیدا کردن پاسخ ایده‌آل و ضد ایده‌آل

اگر پاسخ ایده‌آل با A^* و ضد ایده‌آل با A^- نشان داده شود داریم[۲]:

$$A^*=\{v_1^*,v_2^*,.....,v_j^*,...,v_n^*\}$$

$$A^-=\{v_1^-,v_2^-,.....,v_j^-,...,v_n^-\}$$

که در آن:

v_j^* بهترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه‌ها

v_j^- بدترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه‌ها

گزینه‌هایی که در A^* و A^- قرار می‌گیرند، به ترتیب نشان دهنده گزینه‌های کاملا خوب و کاملا بد هستند.

۳-۶- محاسبه فاصله از پاسخ ایده‌آل و ضد ایده‌آل

در این مرحله برای هر گزینه فاصله از پاسخ ایده‌آل و فاصله از پاسخ ضد ایده‌آل به ترتیب از رابطه‌های ۶ و ۷ استفاده می‌شود[۲]:

$$S_i^*=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij}-V_j^*\right)^2} \quad (۶)$$

$$S_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij}-V_j^*\right)^2} \quad (۷)$$

که در این رابطه‌ها اندیس j معرف معیار مورد نظر و اندیس i معرف گزینه مورد نظر است.

۳-۷- محاسبه شاخص شباهت

در آخرین مرحله شاخص شباهت از رابطه ۸ محاسبه می‌شود[۲]:

$$C_i^*=\frac{S_i^-}{S_i^*+S_i^-} \quad (۸)$$

مقدار شاخص شباهت بین صفر و یک تغییر می‌کند. هرچه گزینه مورد نظر به پاسخ ایده‌آل شبیه‌تر باشد (از پاسخ ضد ایده آل دورتر باشد)، مقدار شاخص شباهت آن، به یک نزدیک‌تر خواهد بود، بنابراین برای رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مقدار شاخص شباهت، گزینه‌ای که بیشترین شاخص شباهت را دارد، در رتبه اول و گزینه‌ای که دارای کم‌ترین شاخص شباهت است، در رتبه آخر قرار می‌گیرد.

۴- معیارها و گزینه‌های اولویت‌بندی معادن برای سرمایه گذاری

معیارهای تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی معادن بر اساس نظر خبرگان و همچنین تجربیات نویسندگان انتخاب شده‌اند. این معیارها به ترتیب شامل توان مجموعه بهره‌بردار معدن، تامین سنگ معدن مورد نیاز کارخانه فرآوری، میزان تولید مس کاتدی (تن) با توجه به ذخیره هر معدن، عمر معدن، امکان تامین زمین، فاصله از راه‌های ارتباطی، توان تامین نیروی انسانی، امکان تامین برق، امکان تامین آّب، وضعیت آب و هوایی، ملاحظات زیست‌محیطی و نوع کانسار در نظر گرفته شده‌اند. در جدول ۲ علامت، نوع و واحد معیارهای تصمیم‌گیری آورده شده است. با توجه به ماهیت هر کدام از معیارها، مشخص است که معیارها از استقلال نسبی دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

معیارهای تصمیم‌گیری در ادامه به تفکیک بررسی خواهند شد.

۴-۱- توان مجموعه بهره بردار معدن

هرچه بهره‌بردار معدن از لحاظ قدرت سرمایه‌گذاری وضعیت بهتری داشته باشد، معدن مورد نظر شرایط مناسبتری در اولویت‌بندی دارد. در این تحقیق به علت در اختیار نداشتن نام اکثر شرکت‌های بهره‌بردار معادن و همچنین عدم اطلاع دقیق از میزان سرمایه این شرکت‌ها، مقرر شد که ارزش ذخیره خام هر معدن به عنوان سرمایه آن معدن لحاظ شود. بر این اساس با استفاده از رابطه ۹، سرمایه مجموعه بهره‌بردار معدن، یا مقادیر این معیار برای گزینه‌های مختلف مشخص شده است (قیمت هر تن کانسنگ با عیار متوسط حدود ۲ درصد- که در اغلب معادن به چشم می‌خورد- با بررسی قیمت‌های فروش معادن، ۱۳۰۰ دلار فرض شده و برای تبدیل آن به مقدار ریال، هر دلار ۳۱۰۰۰ ریال منظور شده است).

$$EV = T \times P \qquad (۹)$$

در این رابطه EV ارزش معدن یا توان مجموعه بهره‌برداری معدن برحسب میلیارد ریال، T ذخیره معدن برحسب تن و P قیمت هر تن کانسنگ مس در محل معدن بر حسب میلیارد ریال است.

۴-۲- تامین سنگ معدن مورد نیاز کارخانه

اگر قرار بر این باشد که مجموعه معدنی شامل یک کارخانه فرآوری هم باشد و مقدار ماده معدنی مورد نیاز سالانه آن هم تقریبا ۱۰۰ هزار تن باشد، معادنی که بتوانند بخش بیشتری از این مقدار را پوشش دهند، وضعیت بهتری در مساله اولویت‌بندی دارند. بر این اساس، معدنی که بتواند این مقدار را پوشش دهد، ارزش ریال آن ۱۰۰ میلیارد ریال در نظر گرفته شده و ارزش سایر معادن به تناسب آن تعیین شده است. به عنوان مثال ارزش ریالی معدنی که ۲۰ تن از کانسنگ مورد نیاز را تامین کند، ۲۰ میلیارد ریال است.

۴-۳- تولید مس کاتدی

هر معدنی که ظرفیت بیشتر و عیار بالاتری داشته باشد با توجه به ضرایب بازیابی مراحل فرآوری، مس کاتدی بیشتری تولید می‌کند. در نتیجه معدنی که با احداث کارخانه فرآوری در نزدیکی آن امکان تولید کاتد بیشتری را داشته باشد، وضعیت بهتری در اولویت‌بندی دارد. برای به دست آوردن مقدار این معیار از رابطه ۱۰ استفاده شده است (قیمت روز هر تن کاتد مس در زمان انجام تحقیق تقریبا ۰٫۲ میلیارد ریال منظور شده است[۲۵]).

$$CE = T_c \times P_c \qquad (۱۰)$$

که در آن:

CE ارزش تولید مس کاتدی (میلیارد ریال)

T_C تولید سالانه کاتد مس در هر معدن (تن)

P_C قیمت هر تن کاتد مس (میلیارد ریال)

جدول۲: علامت، نوع و واحد معیارهای تصمیم‌گیری

شماره معیار	معیار	علامت	نوع	واحد
۱	توان مجموعه بهره بردار معدن	مثبت	کمّی	میلیارد ریال
۲	تامین سنگ معدن مورد نیاز کارخانه	مثبت	کمّی	میلیارد ریال
۳	میزان تولید مس کاتدی(تن) با توجه به ذخیره هر معدن	مثبت	کمّی	میلیارد ریال
۴	عمر معدن	مثبت	کمّی	میلیارد ریال
۵	امکان تامین زمین	مثبت	کیفی	بدون بُعد
۶	فاصله از راه‌های ارتباطی	منفی	کمّی	میلیارد ریال
۷	توان تامین نیروی انسانی	منفی	کیفی	بدون بُعد
۸	امکان تامین برق	منفی	کمّی	میلیارد ریال
۹	امکان تأمین آب	منفی	کیفی	بدون بُعد
۱۰	وضعیت آب و هوایی	منفی	کیفی	بدون بُعد
۱۱	ملاحظات زیست محیطی	منفی	کیفی	بدون بُعد
۱۲	نوع کانسار	مثبت	کیفی	بدون بُعد

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۴- عمر معدن

معدنی که با توجه به میزان ذخیره خود، عمر بیشتری داشته باشد، برای سرمایه‌گذاری وضعیت بهتری دارد. اگر سرمایه‌گذاری بر روی معدنی انجام شود که عمر کوتاهی دارد، بخش زیادی از سرمایه‌گذاری انجام گرفته برای ساخت مجموعه معدنی به هدر می‌رود. برای مثال اگر کارخانه فرآوری در نزدیکی این معدن ساخته شود و استخراج در معدن به اتمام برسد، کانسنگ مورد نیاز کارخانه باید از فواصل بسیار دورتر به کارخانه آورده شود که این شرایط مطلوب نیست. برای تعیین مقدار این معیار برای هر معدن، ارزش فعلی میزان درآمد سالانه ثابت حاصل از فروش هر تن مس کاتدی در کل عمر معدن با استفاده از رابطه۱۱ به دست می‌آید[۲۶].

$$p_{age}=A\left[\frac{(1+i)^n-1}{i(1+1)^n}\right] \qquad (11)$$

که در آن:

p_{age} ارزش فعلی میزان درآمد سالانه معدن حاصل از فروش مس کاتدی (میلیارد ریال)

A درآمد ثابت سالانه معدن (میلیارد ریال)

n تعداد سال‌های عمر معدن

i نرخ سود بانکی سالانه (برابر با ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است.)

۴-۵- تامین زمین

در اطراف معدن مورد نظر باید فضای مورد نیاز برای ایجاد و ساخت تاسیسات مختلف که نیاز یک مجموعه معدنی است، فراهم باشد. هر معدن که فضای مسطح بیشتری را در مجاورت خود داشته باشد وضعیت مناسب‌تری خواهد داشت. در مقابل، معدنی که نیاز به تسطیح زمین داشته و یا اینکه در وضعیت کوهستانی قرار داشته باشد، وضعیت مناسبی ندارد.

با توجه به عدم اطلاعات کافی برای بررسی این پارامتر، با استفاده از نرم‌افزار google earth، وضعیت تامین زمین هر کدام از معادن به صورت کیفی بررسی و بر این اساس فضای اطراف معادن به سه دسته تقسیم شد و بررسی بر اساس شاخص‌های کیفی انجام شده است. سه دسته به ترتیب شامل وضعیت دشتی (خیلی خوب)، وضعیت دشتی- کوهستانی (متوسط) و وضعیت کوهستانی (خیلی بد) می‌شود. در نهایت با استفاده از مقیاس دو قطبی (جدول۳)، مقادیر کمی این معیار برای هر ۳۳ معدن تعیین شد.

۴-۶- فاصله از راه‌های ارتباطی

هر معدن که فاصله کمتری از راه‌های ارتباطی اصلی داشته باشد از لحاظ دسترسی و انتقال مواد تولیدشده وضعیت بهتری دارد و همچنین هزینه‌های راه‌سازی آن کمتر است. برای به دست آوردن مقادیر این معیار، با استفاده از نرم افزار google earth فاصله هر معدن از راه‌های ارتباطی به دست آمده است. به دلیل اینکه مسافت‌های تعیین شده برای راه‌های ارتباطی معادن تقریبی و نوع جاده آن‌ها نیز نامعلوم است، مقادیر این معیار بر اساس هزینه ساخت یک کیلومتر راه روستایی که در شرایط فعلی در مناطق دشتی ۳ میلیارد ریال و در مناطق کوهستانی حدود ۳٫۵ میلیارد ریال است، تعیین شده است[۲۷].

۴-۷- تامین نیروی انسانی

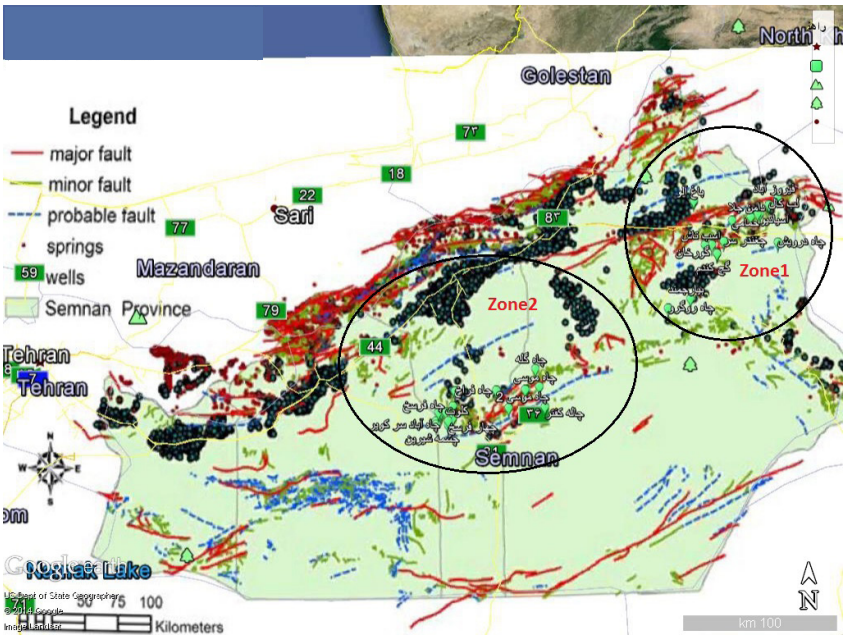
با توجه به فاصله معادن از شهرها و روستاهای اطراف خود، این معیار به صورت زبانی و کیفی بررسی شده و با توجه به مقیاس دو قطبی کمی‌سازی شده است. فاصله معادن با استفاده از نرم‌افزار google earth به صورت تقریبی از روستاها

جدول۳: مقیاس دو قطبی برای تبدیل شاخص‌های کیفی به کمی[۲]

معیار مثبت									
خیلی زیاد (خیلی خوب)		زیاد(خوب)		متوسط		کم(بد)		خیلی کم (خیلی بد)	
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰
معیار منفی									
خیلی کم (خیلی بد)		کم(بد)		متوسط		زیاد(خوب)		خیلی زیاد (خیلی خوب)	
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱: همپوشانی نقشه معادن و چاه‌های آب استان سمنان همراه با دو ناحیه ۱ و ۲

و شهرهای اطراف تعیین شده است.

۴-۸- تامین برق

برای تامین برق مورد نیاز مجموعه معدنی، می‌توان برق را از پست‌های برق موجود در استان تامین کرد. موقعیت پست‌های برق استان در شکل ۳ نشان داده شده است. فاصله‌های به دست آمده برای پست‌های برق تا معادن مورد نظر برابر با فاصله تقریبی مستقیم معدن تا نزدیک‌ترین پست برق در نظر گرفته شده است، که با استفاده از نرم‌افزار google earth تعیین شده‌اند. با توجه به اطلاعات به دست آمده هزینه ساخت هر کیلومتر خطوط انتقال برق هوایی ۵ میلیارد ریال در نظر گرفته شده است[۱]، بنابراین با داشتن فاصله هرکدام از معادن از نزدیک‌ترین پست برق به آن، می‌توان مقادیر این معیار را برای تمام گزینه‌ها به دست آورد.

۴-۹- تامین آب

به علت نداشتن اطلاعات چاه‌ها (دبی و موقعیت دقیق چاه)، با استفاده از همپوشانی تقریبی نقشه چاه‌های آب استان سمنان و نقشه موقعیت معادن مس استان (شکل۱)، موقعیت معادن نسبت به چاه‌های آب به صورت تقریبی به دست آمده است. معادن و چاه‌ها در دو ناحیه قرار گرفتند، ناحیه ۱ شامل معادن و چاه‌هایی است که در شمال شرق استان قرار دارند و ناحیه ۲ شامل معادن و چاه‌هایی است که در مرکز استان قرار دارند.

با توجه به کم آبی گسترده در استان سمنان طی سال‌های گذشته، تمام معادن برای تامین آب با مشکل مواجه هستند. برای تعیین مقدار این معیار ابتدا تمام معادن به صورت کیفی بررسی شدند. برای این منظور، معادنی که در ناحیه ۲ قرار دارند چون از نظر کمی به چاه‌های آّب نزدیک‌ترند، وضعیت بد، و به معادنی که در ناحیه ۱ قرار دارند، وضعیت خیلی بد اختصاص داده شده است. در نهایت با استفاده از مقیاس دو قطبی، مقدار کمی این معیار برای گزینه‌ها تعیین شد.

۴-۱۰- وضعیت آب و هوایی

با توجه به آمارهای سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ اداره هواشناسی استان سمنان، حداکثر و حداقل درجه حرارت و تعداد روزهای یخبندان مناطق مختلف استان در طول سال مشخص شده است[۲۸]. مناطقی که معادن مورد نظر در آن‌ها قرار دارند، تقریبا حداکثر و حداقل درجه حرارت نزدیک به هم دارند اما در تعداد روزهای یخبندان در سال با یکدیگر تفاوت دارند. برای همین، بررسی این معیار بر اساس تعداد روزهای یخبندان در سال به صورت کیفی انجام شده است. معادنی که ۶۱ روز

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴: تاثیر زیست‌محیطی روش اسیدشویی برجا و روش‌های کنترل آن[۱]

مسایل زیست‌محیطی روش اسیدشویی برجا	روش‌های کنترل
نفوذ محلول فروشویی به لایه‌های زیرین و آلوده کردن خاک و منابع آبی	نصب سیستم‌های نمایشگر و حساس نسبت به نشت محلول در ساختمان توده، زیرسازی مناسب
انتشار گرد و غبار به هنگام عملیات احداث توده	مرطوب کردن منطقه به هنگام احداث توده
نشت لوله‌های انتقال محلول فروشویی و آلوده کردن خاک	کنترل تاسیسات پشته در زمان‌های معین
رهاسازی لوله‌ها و لاینرهای مستعمل شده پس از پایان عمر	ایجاد منظره دیداری نامناسب در منطقه
تخریب ساختار منطقه در اثر احداث توده	نیاز به بازسازی معدن پس از پایان عملیات استخراج و فرآوری
تولید توده عظیمی از باطله پس از پایان عمر توده	کاشت پوشش گیاهی مناسب بر روی توده

یخبندان در سال داشتند شاخص کم به آن‌ها اختصاص داده شد، معادنی که ۷۴ روز یخبندان در سال داشتند، شاخص متوسط و معادنی که ۸۵ روز یخبندان در سال داشتند، شاخص زیاد به آن‌ها اختصاص داده شد و با استفاده از مقیاس دو قطبی، مقدار کمی این معیار نیز برای گزینه‌ها تعیین شد.

۴-۱۱- ملاحظات زیست‌محیطی

فعالیت‌های معدنی همواره با آلودگی‌های زیست‌محیطی همراه‌اند. فرآوری مس اکسیده به روش اسیدشویی برجا به علت ماهیت خود باعث ایجاد تاثیرات منفی بر روی محیط زیست می‌شود که البته این آلودگی به مراتب کمتر از آلودگی‌هایی است که سایر روش‌های استحصال مس ایجاد می‌کنند. شش نمونه از این آلودگی‌ها و روش‌های کنترل آن‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. یکی از مهمترین این آلودگی‌ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر نشت محلول اسیدی است. برای بررسی کیفی این معیار از میزان تولید مس کاتدی هر معدن (برحسب تن) استفاده شده است. بر این اساس، هر معدنی که تولید بیشتری داشته باشد، آلودگی زیست‌محیطی بیشتری تولید می‌کند. شاخص‌های کیفی اختصاص داده شده عبارت‌اند از: خیلی زیاد (۱۵۰ تن به بالا)، زیاد (۱۰۰ تا ۱۵۰ تن)، متوسط (۳۰ تا ۱۰۰ تن)، کم (۲۰ تا ۳۰ تن) و خیلی کم (کمتر از ۲۰ تن). کمی‌سازی این معیار نیز با استفاده از مقیاس دو قطبی انجام گرفته است.

۴-۱۲- نوع کانسار

معادنی که کانی مس اکسیدی آن‌ها بیشتر باشد، وضعیت بهتری در مساله اولویت‌بندی خواهند داشت. بر این اساس، برای بررسی کیفی این معیار، کانسارها به سه دسته اکسیدی (خیلی خوب)، سولفیدی – اکسیدی (متوسط)، سولفیدی، کمی اکسیدی (بد) و سولفیدی (خیلی بد) تقسیم‌بندی شده‌اند. کمی سازی این معیار نیز با استفاده از مقیاس دو قطبی انجام گرفته است.

در نهایت، مقدار نهایی هر معیار برای هر معدن در جدول ۵ که همان ماتریس تصمیم‌گیری مساله است، آورده شده است.

۵- تعیین وزن معیارها به روش سلسله مراتبی

برای اولویت‌بندی معادن ابتدا لازم است، وزن معیارهای تصمیم‌گیری تعیین شوند. در این قسمت از روش تحلیل سلسله مراتبی برای محاسبه وزن معیارها استفاده شده است. برای تعیین وزن معیارها، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها تشکیل شده و در نهایت با استفاده از روش بردار ویژه وزن‌ها به دست آمده است. برای این منظور ابتدا با استفاده از رابطه ۱۲ مقدار ویژه(λ_{max}) به دست می‌آید. در نهایت با حل معادله نشان داده شده در رابطه ۱۳ بردار وزن معیارهای تصمیم‌گیری به دست خواهد آمد[۱].

$$\det(A-\lambda I)=0 \qquad (۱۲)$$

$$(A-\lambda_{max} I)\,W=0 \qquad (۱۳)$$

که در این رابطه‌ها:

A ماتریس مقایسه زوجی

λ بردار ویژه

I بردار یکه

W بردار وزن

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵: ماتریس تصمیم‌گیری

گزینه / معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱۲٫۶۹	۰٫۰۰۲	۲٫۵۲	۱۱٫۷۸	۱	۱۲۲٫۵۰	۳	۶۴۰	۳	۵	۹	۱
۲	۴۰٫۳۰	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۲	۵	۲۵٫۵۰	۷	۳۷۵	۱	۷	۹	۵
۳	۴۲۳٫۱۵	۰٫۰۰۵	۹	۴۵	۵	۹۴٫۵۰	۳	۱۴۱٫۶۷	۱	۵	۵	۹
۴	۴۲۳٫۱۵	۰٫۰۰۲	۸۴	۳۹۲٫۷۴	۹	۶۳	۳	۳۹۵	۱	۷	۱	۵
۵	۴۸٫۳۶	۰٫۰۰۲	۹٫۶۰	۴۴٫۸۸	۵	۱۴٫۵۸	۳	۳۶۰	۱	۷	۵	۵
۶	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۵	۴۲	۵	۳۷۰	۱	۷	۹	۵
۷	۵۲۳٫۹۰	۰٫۰۱	۳۱٫۲۰	۱۵۵٫۹۸	۹	۴۵٫۵۰	۳	۴۳۰	۱	۵	۱	۹
۸	۱۲۴٫۵۳	۰٫۰۰۲	۲۴٫۷۲	۱۱۵٫۵۸	۵	۲۲٫۷۵	۷	۳۷۲٫۵۰	۱	۷	۳	۵
۹	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۹	۱۵۷٫۵۰	۷	۳۹۵	۱	۵	۹	۵
۱۰	۴۳٫۷۷	۰٫۰۰۲	۸٫۶۹	۴۰٫۶۲	۵	۳۵	۳	۳۷۰	۳	۵	۵	۳
۱۱	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۵	۴۵٫۵۰	۵	۳۳۰	۳	۵	۹	۵
۱۲	۴٫۵۳	۰٫۰۰۲	۳	۸٫۴۰	۱	۲۱	۵	۳۱۰	۳	۵	۹	۵
۱۳	۳۴٫۵۸	۰٫۰۰۲	۶٫۸۶	۳۲٫۰۹	۵	۳۲٫۵۰	۷	۳۴۰	۳	۵	۵	۳
۱۴	۵٫۲۰	۰٫۰۰۲	۱٫۰۳	۴٫۸۳	۵	۰٫۳۵	۵	۲۵۰	۳	۵	۹	۱
۱۵	۲۶٫۹۶	۰٫۰۰۲	۵٫۳۵	۲۵٫۰۲	۱	۸۷٫۵۰	۳	۲۰۵	۳	۵	۷	۱
۱۶	۴۹۸٫۱۱	۰٫۰۱۵	۳۷٫۰۸	۱۸۵٫۲۷	۱	۴۲	۳	۳۸۵	۱	۷	۱	۳
۱۷	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۹	۸۷٫۵۰	۵	۱۵۰	۳	۵	۹	۵
۱۸	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۵	۲۶۹٫۵۰	۷	۹۵	۳	۳	۹	۱
۱۹	۴۵٫۹۴	۰٫۰۰۲	۹٫۱۲	۴۲٫۶۴	۵	۲۱۳٫۵۰	۵	۱۰۰	۳	۳	۵	۹
۲۰	۱۲۵٫۷۴	۰٫۰۰۲	۲۴٫۹۶	۱۱۶٫۷۰	۵	۳۵	۵	۳۷۵	۱	۷	۳	۱
۲۱	۳۱٫۴۳	۰٫۰۰۲	۶٫۲۴	۲۹٫۱۷	۵	۱۴	۵	۴۰۰	۱	۷	۷	۵
۲۲	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۵	۳۵	۵	۴۱۰	۱	۷	۹	۵
۲۳	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۱	۳۸٫۵۰	۵	۴۶۰	۱	۵	۹	۵
۲۴	۶۷٫۷۰	۰٫۰۰۲	۱۳٫۴۴	۶۲٫۸۴	۵	۲۲٫۷۵	۳	۵۰۰	۱	۵	۵	۱
۲۵	۱۶٫۹۳	۰٫۰۰۲	۳٫۳۶	۱۵٫۷۱	۵	۸۴	۳	۱۷۰	۱	۵	۹	۵
۲۶	۵۸٫۵۲	۰٫۰۰۲	۳٫۹۶	۱۹٫۷۹	۹	۸۷٫۵۰	۵	۴۶۵	۱	۵	۹	۹
۲۷	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۹	۷۳٫۵۰	۳	۳۷۵	۳	۵	۹	۹
۲۸	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۱	۱۲۲٫۵۰	۳	۱۷۵	۳	۵	۹	۹
۲۹	۲۰۵٫۵۳	۰٫۰۰۲	۴۰٫۸۰	۱۹۰٫۷۶	۱	۴۹	۵	۱۴۰	۳	۵	۱	۹
۳۰	۲۴٫۱۸	۰٫۰۰۲	۴٫۸۰	۲۲٫۴۴	۵	۹	۳	۴۲۵	۱	۵	۷	۹
۳۱	۱۲٫۰۹	۰٫۰۰۲	۲٫۴۰	۱۱٫۲۲	۹	۵۹٫۵۰	۵	۴۰۵	۳	۵	۹	۹
۳۲	۳۶٫۲۷	۰٫۰۰۲	۷٫۲۰	۳۳٫۶۶	۵	۲۸	۵	۳۶۰	۱	۵	۷	۹
۳۳	۹۰٫۶۸	۰٫۰۰۲	۱۸	۸۴٫۱۶	۱	۲۱	۵	۴۰۵	۱	۷	۵	۵

برای تکمیل ماتریس‌های مقایسه زوجی از ۷ نفر از متخصصان بخش معدن که متشکل از اساتید دانشگاه و شاغلان این رشته بوده‌اند، استفاده شده است (جدول۶). مقادیر ترجیحات و قضاوت کارشناسی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در جدول ۷ ارایه شده است. در نهایت، وزن معیارها با استفاده از روش بردار ویژه برای هر کدام از این هفت ماتریس مقایسه زوجی محاسبه شده و مقدار میانگین آن‌ها به عنوان وزن نهایی معیارها قرار داده شد. در جدول ۸ میانگین وزن معیارها آورده شده است.

به منظور بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی و قضاوت انجام شده توسط کارشناسان، نرخ ناسازگاری هر کدام از ۷ عدد ماتریس مقایسه زوجی محاسبه شده و در جدول

www.SID.ir

Archive of SID

۹ آورده شده است. در حالت کلی، حد قابل قبول برای نرخ ناسازگاری ۰/۱ در نظر گرفته شده است [۱]. برای محاسبه ماتریس نرخ ناسازگاری ابتدا بردار وزن را در ماتریس مقایسه زوجی ضرب خارجی کرده و از مولفه‌های بردار به دست آمده میانگین گرفته می‌شود. این میانگین λ_{max} نامیده می‌شود، سپس با استفاده از رابطه‌های ۱۴ تا ۱۶ به ترتیب شاخص ناسازگاری، شاخص ناسازگاری تصادفی و نرخ ناسازگاری محاسبه می‌شود. در این رابطه‌ها، n برابر با بعد ماتریس است. با توجه به نتایج، ماتریس‌های تشکیل شده سازگاری قابل قبولی دارند.

$$I.I=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \quad (۱۴)$$

$$R.I.I=1.98\times\frac{n-2}{n} \quad (۱۵)$$

$$I.R=\frac{I.I}{R.I.I} \quad (۱۶)$$

جدول۶: اطلاعات مربوط به کارشناسان

شماره	تخصص	رتبه علمی
۱	دکتری استخراج معدن	استاد
۲	دکتری استخراج معدن	استاد
۳	دکتری فرآوری مواد معدنی	دانشیار
۴	دکتری فرآوری مواد معدنی	استادیار
۵	دکتری معدن- محیط زیست	استادیار
۶	مهندسی استخراج معدن	-
۷	مهندسی استخراج معدن	-

جدول۷: مقادیر ترجیحات و قضاوت کارشناسی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

ترجیحات	مقدار عددی
کاملا مهم‌تر	۹
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت قوی	۵
کمی مهم‌تر	۳
اهمیت یکسان	۱
اولویت بین فواصل	۲،۴،۶،۸

جدول۸: وزن معیارهای تصمیم‌گیری

شماره معیار	وزن معیار
۱	۰/۱۳۹
۲	۰/۱۱۰
۳	۰/۰۶۷
۴	۰/۰۹۳
۵	۰/۰۷۸
۶	۰/۰۴۶
۷	۰/۰۸۸
۸	۰/۰۵۱
۹	۰/۰۸۲
۱۰	۰/۰۵۹
۱۱	۰/۰۸۰
۱۲	۰/۱۰۷
مجموع وزن‌ها	۱/۰۰۰

جدول۹: نرخ‌های ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف برای هر کارشناس

ماتریس مقایسه زوجی	λ حداکثر	شاخص ناسازگاری تصادفی	شاخص ناسازگاری	نرخ ناسازگاری
۱	۱۳/۶۰۲۲	۱/۵۳	۰/۱۴۵۷	۰/۰۹۵۲
۲	۱۲/۹۳۷۴	۱/۵۳	۰/۰۸۵۲	۰/۰۵۵۷
۳	۱۳/۰۳۰۰	۱/۵۳	۰/۰۹۳۶	۰/۰۶۱۲
۴	۱۲/۷۳۳۵	۱/۵۳	۰/۱۵۷۶	۰/۰۴۳۷
۵	۱۳/۵۵۸۵	۱/۵۳	۰/۱۴۱۷	۰/۰۹۲۶
۶	۱۲/۸۲۲۹	۱/۵۳	۰/۰۷۳۹	۰/۰۴۸۳
۷	۱۲/۸۵۵۰	۱/۵۳	۰/۰۷۷۷	۰/۰۵۰۸

۶- اولویت‌بندی معادن برای سرمایه‌گذاری

با توجه به ۱۲ معیار و ۳۳ گزینه، عملیات رتبه‌بندی با استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری ۱۲×۳۳ (جدول۵) انجام شده است. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و کد آماده روش شباهت به گزینه ایده‌آل، تمام مراحل این روش اجرا شده و در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها (معادن) به دست آمده است. در جدول ۱۰رتبه‌بندی معادن همراه با امتیاز یکه شده آن‌ها آورده شده است. با توجه به رتبه‌بندی، معادن مس چاه موسی، کلوت و چاه فراخ به ترتیب در اولویت اول تا سوم برای سرمایه‌گذاری قرار گرفته‌اند. علاوه بر رتبه‌بندی انجام گرفته، برای درک

www.SID.ir

Archive of SID

میزان تاثیر تغییر وزن معیارها بر روی اولویت‌بندی معادن از تکنیک تحلیل حساسیت استفاده شده است.

۷- تحلیل حساسیت

پس از اینکه اولویت‌بندی با روش شباهت به گزینه ایده‌آل انجام گرفت، دانستن این مطلب که چقدر این رتبه‌بندی می‌تواند تحت تاثیر وزن‌های معیارها باشد بسیار مهم است. بنابراین، در این بخش با کمک تحلیل حساسیت تاثیر تغییرات وزن معیارها بر روی نتایج خروجی اولویت‌بندی بررسی شده است. با پیدا کردن دامنه تغییرات وزن معیارها، می‌توان تشخیص داد که تغییرات وزن کدام معیار می‌تواند تاثیر بیشتری در تغییر نتایج داشته باشد. بر این اساس می‌توان معیارها را از کمترین حساسیت تا بیشترین حساسیت بر نتایج، رتبه‌بندی کرد. برای این منظور، بازه‌ای برای تغییرات وزن معیارها در نظر گرفته شد. این بازه شامل افزایش ۱۰ تا ۴۰ درصدی و کاهش ۱۰ تا ۴۰ درصدی وزن معیارها در نظر گرفته شده است. البته در منابع مختلف تنها تغییرات ناشی از افزایش ۱۰ تا ۱۰۰ درصدی وزن معیارها لحاظ شده است [۳۰،۲۹].

با افزایش وزن یک معیار، برای اینکه مجموع وزن معیارها برابر با یک شود، مقدار افزایش وزن معیار مورد نظر بر تعداد معیارهای باقی مانده تقسیم شده و مقدار به دست آمده از وزن سایر معیارها کم می‌شود. پس از تعیین وزن‌ها، مجددا اولویت بندی معادن با روش شباهت به گزینه ایده‌آل انجام گرفته و نتایج آن ثبت میشود. به همین ترتیب برای هر معیار تاثیر افزایش یا کاهش وزن آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای مثال در جدول۱۱، تاثیر افزایش ۱۰ درصدی وزن معیارهای اول تا سوم بر روی اولویت‌بندی معادن ارایه شده است. هر کجا که اولویت یک معدن تغییر کند، برای آن مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر در نظر گرفته شده است. مجموع این تغییرات، تاثیرگذاری تغییر وزن معیار در اولویت‌بندی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول۱۱، هنگامی که وزن معیار اول ۱۰ درصد افزایش پیدا کرده است، تنها دو مورد تغییر رتبه مشاهده شده است.

نتایج کلی تغییرات وزن معیارها در جدول ۱۲ آورده شده است. با توجه به نتایج، تغییرات کاهشی و افزایشی معیار دهم کمترین تاثیر را در تغییر رتبه‌بندی معادن داشته است و معیارهای پنجم و ششم و دوازدهم بیشترین تاثیر را در تغییرات رتبه‌بندی معادن داشته‌اند. همچنین، افزایش ۴۰ درصدی وزن معیارها و کاهش ۳۰ و ۴۰ درصدی آن‌ها بیشترین

جدول۱۰: اولویت بندی گزینه‌ها به همراه امتیاز یکه شده آن‌ها

رتبه	نام معدن	شماره معدن	امتیاز یکه شده
۱	چاه موسی	۷	۰/۰۷۸۴
۲	کلوت	۱۶	۰/۰۷۴۳
۳	چاه فراخ	۲	۰/۰۷۱۱
۴	گورخان	۱	۰/۰۵۱۶
۵	باغ آلو	۲۹	۰/۰۴۶۴
۶	کلاته مهران	۶	۰/۰۳۴۲
۷	مهران کویر۲	۲۰	۰/۰۳۳۰
۸	چهار فرسخ	۳۳	۰/۰۳۰۰
۹	چاه گله	۲۶	۰/۰۲۸۶
۱۰	چاه شیرین	۳۲	۰/۰۲۸۴
۱۱	قله سوخته	۳	۰/۰۲۷۴
۱۲	چاه درویش	۲۷	۰/۰۲۷۴
۱۳	چاله کفتر	۲۴	۰/۰۲۷۰
۱۴	کوه زر	۳۰	۰/۰۲۷۰
۱۵	فیروز آباد	۳۱	۰/۰۲۶۸
۱۶	چاه روگرو	۱۹	۰/۰۲۵۵
۱۷	چاه آباد سر کویر	۲۱	۰/۰۲۴۷
۱۸	گچ کندم	۲۸	۰/۰۲۳۹
۱۹	چاه موسی ۲	۲۵	۰/۰۲۳۷
۲۰	گریک عباس آباد	۹	۰/۰۲۳۶
۲۱	سر کویر	۵	۰/۰۲۳۴
۲۲	اسب تاش	۱۷	۰/۰۲۳۱
۲۳	کلوت بلند	۲۲	۰/۰۲۲۸
۲۴	چاه فرسخ	۴	۰/۰۲۲۷
۲۵	چشمه شیرین	۸	۰/۰۲۱۷
۲۶	چشمه حافظ	۲۳	۰/۰۲۱۶
۲۷	دامن جلا	۱۳	۰/۰۲۱۱
۲۸	آسیادیو	۱۲	۰/۰۲۱۱
۲۹	لب کال	۱۰	۰/۰۲۰۸
۳۰	بزرگ	۱۱	۰/۰۲۰۷
۳۱	حمامی	۱۴	۰/۰۱۹۰
۳۲	بیارجمند	۱۵	۰/۰۱۷۴
۳۳	چغندر سر	۱۸	۰/۰۱۴۱

درصد تغییرات رتبه‌بندی معادن را به خود اختصاص داده‌اند. در جدول ۱۳ معیارها بر اساس میزان تاثیرگذاری آن‌ها بر روی اولویت‌بندی معادن برای سرمایه‌گذاری رتبه‌بندی شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین در جدول ۱۴ میزان تغییر وزن معیارها نیز بر اساس درصد تغییرات آن‌ها در اولویت‌بندی معادن، رتبه‌بندی شده‌اند.

جدول۱۱: تاثیر تغییر ۱۰ درصدی جداگانه وزن معیارهای اول تا سوم در اولویت بندی معادن

تغییر رتبه	C3	تغییر رتبه	C2	تغییر رتبه	C1	رتبه‌بندی اولیه بر اساس شماره هر معدن
۰	۷	۰	۷	۰	۷	۷
۰	۱۶	۰	۱۶	۰	۱۶	۱۶
۰	۲	۰	۲	۰	۲	۲
۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱
۰	۲۹	۰	۲۶	۰	۲۶	۲۹
۰	۶	۰	۶	۰	۶	۶
۰	۲۰	۰	۲۰	۰	۲۰	۲۰
۰	۳۳	۰	۳۳	۰	۳۳	۳۳
۰	۲۶	۰	۲۶	۰	۲۶	۲۶
۰	۳۲	۰	۳۲	۰	۳۲	۳۲
۰	۳	۱	۲۷	۰	۲۷	۳
۰	۲۷	۱	۳	۰	۳	۲۷
۰	۲۴	۱	۳۰	۰	۳۰	۲۴
۰	۳۰	۱	۳۱	۰	۳۱	۳۰
۰	۳۱	۱	۲۴	۰	۲۴	۳۱
۰	۱۹	۰	۱۹	۰	۱۹	۱۹
۰	۲۱	۰	۲۱	۰	۲۱	۲۱
۰	۲۸	۰	۲۸	۰	۲۸	۲۸
۰	۲۵	۰	۲۵	۰	۲۵	۲۵
۰	۹	۰	۹	۰	۹	۹
۰	۵	۰	۵	۰	۵	۵
۰	۱۷	۰	۱۷	۰	۱۷	۱۷
۰	۲۲	۰	۲۲	۰	۲۲	۲۲
۰	۴	۰	۴	۰	۴	۴
۰	۸	۰	۸	۰	۸	۸
۰	۲۳	۰	۲۳	۰	۷	۲۳
۰	۱۳	۰	۱۳	۱	۱۲	۱۳
۰	۱۲	۰	۱۲	۱	۱۳	۱۲
۰	۱۰	۰	۱۰	۰	۱۰	۱۰
۰	۱۱	۰	۱۱	۰	۱۱	۱۱
۰	۱۴	۰	۱۴	۰	۱۴	۱۴
۰	۱۵	۰	۱۵	۰	۱۵	۱۵
۰	۱۸	۰	۱۸	۰	۱۸	۱۸
۰	۷	۰	۷	۰	۷	۷

جدول ۱۲: نتایج تحلیل حساسیت وزن معیارهای تصمیم‌گیری

درصد تغییر رتبه با توجه به میزان تغییر	C12	مجموع تغییر رتبه‌ها در اولویت‌بندی معادن برای هر معیار متناظر با تغییر وزن آن											مقدار تغییر وزن هر معیار	مجموع تغییر رتبه با توجه به نوع معیار
		C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1		
٪۱۸٫۴۳	۱۴	۴	۴	۸	۶	۲	۱۸	۸	۲	۲	۵	۲	٪۱۰	۵۲
٪۲۵٫۷۶	۱۸	۴	۴	۹	۷	۸	۱۹	۱۴	۸	۲	۵	۴	٪۲۰	۴۹
٪۳۲٫۵۸	۲۱	۵	۴	۱۲	۹	۱۱	۲۰	۲۱	۹	۶	۵	۶	٪۳۰	۳۶
٪۴۰٫۱۵	۲۳	۸	۸	۱۵	۱۴	۱۶	۲۱	۲۲	۱۲	۸	۵	۷	٪۴۰	۵۲
٪۱۵٫۶۶	۱۰	۴	۰	۹	۲	۵	۱۲	۱۲	۴	۲	۰	۲	-٪۱۰	۴۹
٪۲۹٫۰۴	۱۸	۸	۰	۱۴	۱۰	۱۱	۱۹	۱۲	۵	۴	۷	۷	-٪۲۰	۳۶
٪۳۶٫۸۷	۲۲	۱۲	۰	۱۹	۱۳	۱۲	۱۹	۱۲	۹	۷	۱۲	۹	-٪۳۰	۵۲
٪۳۸٫۱۳	۲۲	۱۲	۲	۱۷	۱۳	۱۳	۱۲	۱۹	۹	۷	۱۰	۱۵	-٪۴۰	۴۹
	۱۴۸	۵۷	۲۲	۱۰۳	۷۴	۷۸	۱۴۰	۱۲۰	۵۸	۳۶	۴۹	۵۲		

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱۳: رتبه‌بندی معیارها بر اساس تاثیر در اولویت‌بندی معادن

شماره معیار	رتبه تاثیرگذاری معیار
دوازدهم	۱
ششم	۲
پنجم	۳
نهم	۴
هفتم	۵
هشتم	۶
چهارم	۷
یازدهم	۸
اول	۹
دوم	۱۰
سوم	۱۱
دهم	۱۲

جدول۱۴: رتبه‌بندی درصد تغییر وزن معیار بر اساس تاثیر در اولویت‌بندی معادن

مقدار تغییر وزن هر معیار	رتبه تاثیرگذاری تغییر وزن
٪۴۰	۱
-٪۴۰	۲
-٪۳۰	۳
٪۳۰	۴
-٪۲۰	۵
٪۲۰	۶
٪۱۰	۷
-٪۱۰	۸

۸- نتیجه‌گیری

اولویت‌بندی معادن برای سرمایه‌گذاری بر روی آن‌ها، همواره یکی از مسایل مهم تصمیم‌گیری در مباحث اقتصادی معدنکاری است. به دلیل تاثیر عوامل مختلف بر روی تصمیم‌گیری و لزوم در نظر گرفتن تمام عوامل در بحث تصمیم‌گیری، در این تحقیق با به‌کارگیری روش شباهت به گزینه ایده‌آل، اولویت سرمایه گذاری بر روی معادن مس اکسیدی در استان سمنان تعیین شد. در این تحقیق برای تعیین وزن معیارهای تصمیم‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. با تهیه هفت عدد ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها که توسط خبرگان تکمیل شده بود وزن معیارها محاسبه شد. با استفاده از ۱۲ معیار تصمیم‌گیری مختلف، از بین ۳۳ معدنی که به عنوان گزینه‌هایی برای اولویت‌بندی در نظر گرفته شده بودند، معادن مس چاه موسی، کلوت، چاه فراخ به ترتیب با امتیاز یکه شده ۰٫۰۷۸۴، ۰٫۰۷۴۳ و ۰٫۰۷۱۱ در اولویت‌های اول تا سوم برای سرمایه‌گذاری قرار گرفتند. همچنین تحلیل حساسیت انجام گرفته بر روی تغییر وزن معیارها تاثیرگذارترین معیارها در اولویت‌بندی معادن را مشخص کرد. در نتیجه معیارهای نوع کانسار، تامین زمین و فاصله از راه‌های ارتباطی به ترتیب به عنوان تاثیرگذارترین معیارها شناخته شدند.

۹- مراجع

[۱] عطائی، م.؛ ۱۳۹۴؛ "**روش‌های تصمیم گیری چند معیاره**"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، چاپ سوم، ۳۴۱ صفحه.

[۲] وبسایت پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، www.ngdir.ir.

[۳] وبسایت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، www.gsi.ir.

[۴] طالع ماسوله، س.؛ قربانی، م.؛ حکیمی آسیابر، س.؛ ۱۳۸۹؛ "**مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس چاه گله شمال غرب ترود سمنان**"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال سوم، شماره ۱، ص ۵۰-۳۹.

[۵] عطائی، م.؛ ۱۳۸۴؛ " **استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل برای تعیین روش استخراج مناسب**"، مجموعه مقالات بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ۱۰-۸ اسفند ماه، ۷ صفحه.

[۶] شکورشهابی، ر.؛ کاکایی، ر.؛ بصیری، م.ح.؛ ۱۳۸۶؛ "**رتبه بندی مواد معدنی کشور با روش تصمیم‌گیری شباهت به گزینه ایده‌آل**"، نشریه مهندسی معدن، دوره دوم، شماره ۴، ص ۱۰-۱.

[۷] نوجوان، م.؛ محمدی، ع.؛ صالحی، ا.؛ ۱۳۹۰؛ "**کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای با تأکید بر روش‌های TOPSIS و SAW**"، نشریه مدیریت شهری و روستایی، دوره نهم، شماره ۲۸، ص ۲۹۶-۲۸۵.

[۸] عزیزی، م.ر.؛ علیپور، ص.؛ شریف، ج.ع.؛ ۱۳۹۴؛ "**استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل جهت یافتن نقاط بهینه نمونه‌گیری زمین‌شناسی در کلسیت‌های قره قشلان**"، نشریه زمین شناسی اقتصادی، دوره هفتم، شماره ۱، ص ۶۷-۵۵.

[۹] جعفری، ک.؛ حافظی، ن.؛ قزی، ا.؛ ۱۳۹۴؛ "**انتخاب گزینه نهایی محل دفن پسماندهای شهری در اردبیل براساس روش‌های شباهت به گزینه ایده‌آل و ارزیابی اثرات زیست محیطی**"، مجله سلامت و بهداشت، دوره ششم، شماره ۴، ص ۴۲۰-۴۰۴.

[10] Javidian, Z., and Beheshti, M. T. H. (2011). *"Prioritizing*

www.SID.ir

Archive of SID

RFID technology factors in healthcare organizations using TOPSIS", 2nd IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences, 8-10 August, China, Beijing.

[11] Alavi, I., Akbari, A., and Alinejad-Rokny, H. (2012). *"Plant type selection for reclamation of sarcheshmeh copper mine by fuzzy-TOPSIS Method",* International Journal of Advanced Engineering Technology and Application, 1(1): 8-13.

[12] Yan, Z., Wang, X., and Fu, Y. (2012). *"Study on early warning model of coal mining engineering with fuzzy AHP",* Systems Engineering Procedia, 5: 113-118.

[13] Yari, M., Monjezi, M., and Bagherpour, R. (2013). *"Selecting the most suitable blasting pattern using AHP-TOPSIS method: Sungun copper mine",* Journal of Mining Science, 49(6): 967-975.

[14] Sfahani, S. S., Soltani, I., and Jafarpisheh, J. (2013). *"Prioritizing the Core Competencies by TOPSIS Methodin Foolad Techniqe Co.",* International Journal of Economy, Management and Social Sciences, 2(6): 349-354.

[15] Paslari, P., Kalantari, S., and Forghani, S. F. (2014). *"Prioritizing and ranking educational classes using AHP and fuzzy TOPSIS (Case study: Mehrpuyan institute of higher education, Mashahd",* Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 4: 426-436.

[16] Nejatbakhsh, Y., and Bahremand, S. (2015). *"Formulating, Evaluating and Prioritizing a Production Company Strategies using Hybrid FUZZY TOPSIS-SWOT Model (Case Study: Tehran PAK Dairy Company)",* Indian Journal of Science and Technology, 8(27): 1-14.

[17] Prakash, C., and Barua, M. K. (2015). *"Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment",* Journal of Manufacturing Systems, 37(3): 599-615.

[18] Agrawal, S., Singh, R. K., and Murtaza, Q. (2016). *"Prioritizing critical success factors for reverse logistics implementation using fuzzy-TOPSIS methodology",* Journal of Industrial Engineering International, 12(1): 15-27.

[19] Komlan, G. (2016). *"Integrating AHP-TOPSIS Approach on Prioritizing Self-Service Technology (SST) Decision Making in Financial Institution (TOGO)",* British Journal of Mathematics & Computer Science, 16(1): 1-22.

[20] Yazdani, M. H., Aftab, A., and Alipour, E. (2016). *"Evaluating and Prioritizing the Social Capital in Urban Areas using Topsis and AHP Techniques (Case Study: Ardabil, District 3)",* Journal of Geography and Regional Development, 14(1): 35-39.

[21] Yavuz, M. (2016). *"Equipment selection by using fuzzy TOPSIS method",* IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 44: 1-5.

[22] Alizadeh, S., Salari, R. M., Bazzazi, M., and Aghajanib, A. (2016). *"Alunite processing method selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment",* International Journal of Mining Science and Technology, 26(6): 1017-1023.

[23] Chen, W., Shihao, T., Min, C., and Yong, Y. (2016). *"Optimal Selection of a Longwall Mining Method for a Thin Coal Seam Working Face",* Arabian Journal for Science and Engineering, 41(9): 3771-3781.

[24] Asghari, M., Nassiri, P., Monazzam, M. R., Golbabaei, F., Arabalibeik, H., Shamsipour, A. A., and Allahverdy, A. (2017). *"Weighting Criteria and Prioritizing of Heat stress indices in surface mining using a Delphi Technique and Fuzzy AHP-TOPSIS Method",* Journal of Environmental Health Science & Engineering, 15(1): 1-11.

[۲۵] وبسایت شرکت ملی صنایع مس ایران، www.nicico.com.

[۲۶] فضلوی، ع.؛ ۱۳۹۱؛ "**بررسی فنی و اقتصادی پروژه‌های معدنی**"، انتشارات دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، چاپ سوم، ۲۵۸ صفحه.

[۲۷] وبلاگ تخصصی راهدار، www.rahdar.blog.ir.

[۲۸] وبسایت سازمان هواشناسی کشور، www.irimo.ir.

[29] Indriyati Surarso, B., and Sarwoko, B. A. (2013). *"Sensitivity Analysis of the AHP and TOPSIS Methods for the Selection of the Best Lecturer Base on the Academic Achievement",* Proceeding ISNPINSA Seminar International Diponegoro University, 38-50.

[30] Kusumadewi, S., and Hartati, S. (2007). *"Sensitivity Analysis of Multi-Attribute Decision Making Methods in Clinical Group Decision Support System",* International Conference on Intelligent and Advanced Systems, 27-28 November, Malaysia, Kuala Lumpur, pp. 4.

---

[۱] برگرفته از مصاحبه سید زمان حسینی مدیر عامل شرکت برق منطقه‌ای تهران در اسفند ۱۳۹۳
(http://www.mehrnews.com/news/2256686)

www.SID.ir