نشریه بین المللی علوم مهندسی، شماره ۳، جلد ۱۷، پاییز ۱۳۸۵، صفحه ۴۵-۳۷
دانشگاه علم و صنعت ایران
Archive of SID

انتخاب روش استخراج مناسب برای کانسار مس قلعه زری بیرجند با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

رضا خالوکاکائی، محمد عطایی، محمد جوانشیر و حمید جهانشاهی

چکیده: یکی از حساس‌ترین مسائل طراحی یک معدن، انتخاب روش استخراج مناسب می‌باشد. به علت تعدد معیارهای موثر در انتخاب روش استخراج مناسب، حل چنین مسألهٔ پیچیده‌ای به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بویژه آنکه اغلب معیارها با یکدیگر تضاد داشته و افزایش مطلوبیت یک معیار، می‌تواند باعث کاهش مطلوبیت معیارهای دیگر شود. به همین دلیل روش‌های مختلفی توسعه داده شده‌اند که به حل مسأله مزبور کمک می‌کنند. در این زمینه یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌باشد که از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است. در مقاله حاضر با بهره‌گیری از تکنیک مذکور و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی و نیز دخالت دادن گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری، روش استخراج مناسب برای کانسار مس قلعه زری بیرجند انتخاب شده است. مطالعات نشان می‌دهد که در شرایط موجود روش انباره‌ای مناسب‌ترین طرح استخراج برای کانسار ذکر شده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: معدنکاری، انتخاب روش استخراج مناسب، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، کانسارهای رگه‌ای مس

۱. مقدمه

امروزه به علت سرمایه‌گذاری زیاد مورد نیاز برای باز کردن و تجهیز یک معدن ضروری است که روش استخراج در ابتدا به درستی انتخاب شود.

لذا بایستی بر اساس عواملی نظیر زمین‌شناسی (وضعیت سنگ‌شناسی، آبهای زیرزمینی، مشخصه‌های مکانیک سنگی و ژئز کانسار)، ملاحظات کانی‌شناسی، مشخصات فنی و هندسی کانسار (ذخیره قابل استخراج، عیار کانسار، عمق، شیب، ضخامت و شکل)، عوامل ایمنی، عوامل زیست محیطی (مسأله نشست سطح زمین و آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی)، ملاحظات اقتصادی (هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی و درآمد)، ملاحظات کاری و محلی و ... روش استخراج مناسب را انتخاب کرد.

تاکنون تکنیک‌های مختلفی برای تعیین روش استخراج مناسب کانسارها ارائه شده است.

گروهی از صاحب نظران امور معدنی از جمله هارتمن [1]، بشکوف و رایت [2]، موریسون [3] و لابسچر [4] یک سری الگوهای کیفی برای انتخاب روش استخراج مناسب ارائه داده‌اند.

گروهی دیگر از صاحب نظران از جمله نیکلاس [5]، مایلر و پاکالنیس و پولین [7] از تکنیک‌های کمی استفاده کرده‌اند.

بر این روشها ایرادهایی همچون در نظر نگرفتن سایر معیارها، تعریف اشتباه بعضی از امتیازها، دامنه کم امتیاز بین مطلوبیت و نامطلوب بودن، در نظر نگرفتن ضریب اهمیت بین معیارهای مختلف وارد شده است [8].

روش تحلیل سلسله مراتبی[2] در سال ۱۹۸۰ توسط محققی به نام توماس- ال- ساعتی ارائه شد. در این روش مسأله تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها و زیر معیارها و آلترناتیوها تقسیم می‌شود تا تصمیم گیرنده بتواند براحتی در کوچکترین تصمیم‌گیری دقت نماید.

مهمترین قابلیت روش تحلیل سلسله مراتبی در توانایی تبدیل ساختار سلسله مراتبی یک مسئله پیچیده چند شاخصه به ساختار بسط داده شده جهت درک بهتر تصمیم گیرنده از مسئله تصمیم‌گیری می‌باشد.

مقاله در تاریخ ۱۳۸۳/۱۰/۲۳ دریافت شده و در تاریخ ۱۳۸۴/۱۱/۱۱ به تصویب نهایی رسیده است.
دکتر رضا خالوکاکائی، استادیار دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود. R_kakaie@Shahrood.ac.ir
دکتر محمد عطایی، استادیار دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
محمد جوانشیر، دانشجوی دکترا دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
حمید جهانشاهی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

2 Analytical Hierarchy Process (AHP)

www.SID.ir

Archive of SID

مهمترین مزیت بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده از مقایسه زوجی برای مشخص کردن اهمیت نسبی گزینه ها در ارتباط با هر معیار می‌باشد [9].

در این مطالعه سعی شده است با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی روش استخراج مناسب برای کانسار مس قلعه زری بیرجند تعیین شود.

۲. مشخصات کانسار مس قلعه زری

معدن مس قلعه زری در فاصله ۱۸۰ کیلومتری جنوب غرب بیرجند و در حاشیه شرقی لوت مرکزی ایران واقع شده است. این معدن دارای مختصات ´۵۷-°۵۸ طول جغرافیایی و ´۴۸ -°۳۱ عرض جغرافیایی بوده و بلندترین نقطه آن ۱۵۳۹ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. این معدن تنها معدن زیرزمینی مس رگه‌ای ایران می‌باشد که به علت عیار بالای مس، طلا و نقره از اهمیت خاصی برخوردار است. ذخیره مزبور از ادوار گذشته در منطقه شناخته شده و آثار حفاری‌های قدیم در امتداد رگه‌های پر عیار قابل مشاهده می‌باشد. سابقه کاوش‌های معدنی در این منطقه براساس اطلاعات باستان شناسی بدست آمده، بالغ بر ۸۰۰ سال قبل می‌باشد. عرض منطقه کانی سازی بین ۰/۵ تا ۷ متر است. عیار مس بین ۰/۵ تا ۸ درصد، طلا ۰/۵ تا ۱۵ گرم در تن و نقره ۲۰ تا ۶۰۰ گرم در تن گزارش شده است. همچنین مجموع میزان ذخیره برداشت شده و باقیمانده در حدود ۱۰ میلیون تن می‌باشد. مهمترین مشخصات هندسی و مکانیک سنگی کانسار مس قلعه زری در جداول ۱ و ۲ ذکر شده است [۱۰].

۳. معیارها و گزینه‌های انتخاب روش استخراج مناسب کانسار قلعه زری

پروسه انتخاب روش مناسب برای استخراج کانسار با جمع آوری و ارزشیابی اطلاعاتی که در رابطه با کانسار معلومند، شروع می‌شود.

با نگاهی اجمالی به تمام پارامترهای مؤثر در انتخاب روش و همچنین روش‌های معدنکاری مرسوم مشخص می‌شود که امکان استخراج این کانسار با استفاده از اکثر روش‌ها وجود ندارد و روش‌های ممکن برای استخراج این کانسار عبارتند از: استخراج از طبقات فرعی (SLS)، روش انباره‌ای (SH) و روش کند و آکند (CF). در این راستا جهت انتخاب مناسب‌ترین روش از میان سه روش فوق‌الذکر برای کانسار مس قلعه زری،۱۲ معیار موثر مطابق جدول ۳ در نظر گرفته شده است.

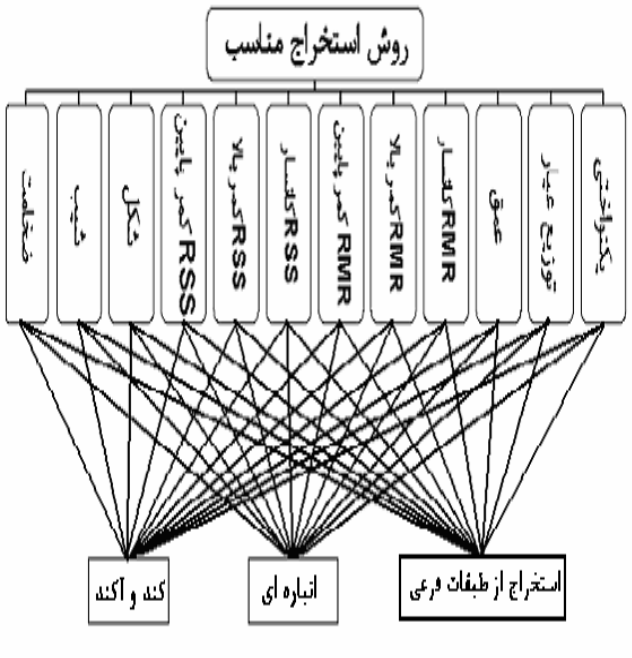
۴. انتخاب روش استخراج مناسب به روش AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با ساختن سلسله مراتبی شروع و پس از محاسبه ضریب اهمیت معیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری سیستم مناسب‌ترین گزینه انتخاب می شود.

۴-۱. ساختن سلسله مراتبی

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ساختن سلسله مراتب مسأله است که معمولاً به ترتیب در آن هدف، معیارها (در صورت وجود زیرمعیارها) و گزینه‌ها نشان داده می‌شود.

روش ساختن سلسله مراتبی بستگی به نوع تصمیم اتخاذ شده دارد و به صور مختلفی ساخته می‌شود. در یک سلسله مراتبی محدودیتی برای تعداد سطوح وجود ندارد. زیر معیارهای هر معیار ممکن است به صورت فاصله های عددی و یا پارامترهای کیفی مانند زیاد، متوسط، کم باشد [9]. در شکل ۱ سلسله مراتبی انتخاب مناسب‌ترین روش استخراج کانسار مس قلعه زری نشان داده شده است.



شکل ۱. سلسله مراتب انتخاب مناسب‌ترین روش استخراج برای کانسار مس قلعه زری

۴-۲. محاسبه وزن عناصر در AHP

محاسبه وزن در AHP بدو صورت می‌باشد:

- وزن نسبی[3]
- وزن نهایی[4]

جدول ۱. مشخصات هندسی کانسار مس قلعه زری [۱۰]

ضخامت (متر)	شیب (درجه)	شکل	عیار (درصد)	عمق (متر)	میزان ذخیره (میلیون تن)
۳-۱	۸۰	رگه ای	۴-۱	۲۴۰	۱/۳

3 Local Priority
4 Overall Priority

www.SID.ir

Archive of SID

۱-۲-۴. محاسبه وزن نسبی

برای محاسبه وزن در تحلیل سلسله مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌شود.

تخصیص امتیازات عددی مربوط به مقایسه زوجی اهمیت دو گزینه یا دو شاخص براساس جدول ۴ صورت می‌گیرد [9].

جدول ۲. مشخصات مکانیک سنگی کانسار مس قلعه زری [۱۰]

پارامتر (واحد)	ماده معدنی	کمر بالا	کمر پایین
مقاومت فشاری تک محوری (مگا پاسکال)	۲۵۰>	۱۰۰-۲۵۰	۱۰۰-۲۵۰
مقاومت برشی درزه ها	محکم	محکم	محکم
شاخص کیفی سنگ (RQD)	٪ ۱۰۰ -٪ ۹۰	٪ ۹۰ - ٪ ۷۵	٪ ۹۰ - ٪ ۷۵
امتیاز توده سنگ (RMR)	۹۰	۷۴	۷۴

جدول ۳. معیارهای موثر در انتخاب روش [۱۰]

معیار	نماد	معیار	نماد	معیار	نماد
ضخامت	C_1	RSS کمر بالا	C_5	RMR کمر پایین	C_9
شیب	C_2	RSS کمر پایین	C_6	عمق	C_{10}
شکل	C_3	RMR ماده معدنی	C_7	توزیع عیار	C_{11}
RSS ماده معدنی	C_4	RMR کمر بالا	C_8	یکنواختی کانسنگ	C_{12}

یک ماتریس مقایسه زوجی بصورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

که در آن a_{ij} ترجیح عنصر iام نسبت به عنصر j ام می‌باشد. در مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر رابطه زیر برقرار است:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}} \qquad (۱)$$

سپس با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی عناصر محاسبه می‌شود.

جدول ۴ . طبقه بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها [۹]

مقایسه نسبی شاخص ها (قضاوت شفاهی)		امتیاز عددی
اهمیت مطلق	Extremely Preferred	۹
اهمیت خیلی قوی	Very strongly Preferred	۷
اهمیت قوی	Strongly Preferred	۵
اهمیت ضعیف	Moderately Preferred	۳
اهمیت یکسان	Equal	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	For compromise between the above value	۲، ۴، ۶ و ۸

روش‌های مختلفی برای محاسبه وزن نسبی براساس ماتریس مقایسه زوجی وجود دارد که مهمترین آنها روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش‌های تقریبی می‌باشند. از بین این روش‌ها روش بردار ویژه دقیق‌تر می‌باشد. در این روش W_i به گونه‌ای تعیین می‌شود که رابطه (۲) برقرار باشد:

$$A.W = \lambda.W \qquad (۲)$$

که در آن λ و W به ترتیب مقدار ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسه زوجی A می‌باشد. در حالتی که ابعاد ماتریس بزرگتر باشد، محاسبه این مقادیر بسیار وقت‌گیر است. لذا برای محاسبه λ مقدار دترمینان ماتریس $A-\lambda.I$ مساوی با صفر قرار داده می‌شود و با قراردادن بزرگترین مقدار λ حاصله در رابطه (۳) مقادیر W_i محاسبه می‌شود [9].

$$A-\lambda_{\max}.I = 0 \qquad (۳)$$

برای کانسار مس قلعه زری بیرجند با توجه به قضاوت‌های صاحب نظران ماتریس مقایسه زوجی بین معیارهای مختلف براساس جدول ۴ انجام شده و نتایج در جدول ۵ ذکر شده است. سپس به کمک نرم افزار **MATLAB** و با استفاده از روش بردار ویژه، وزن‌دهی هر کدام از پارامترها انجام شده است.

شکل ۲ درجه اهمیت پارامترهای مختلف برای انتخاب روش استخراج کانسار مذکور را نشان می‌دهد.

همانطوری که ملاحظه می‌شود، پارامترهای ضخامت، شیب، شکل، توزیع عیار، RSS[5] کانسار و RMR[6] کانسار از مهمترین معیارها می‌باشند [۱۰]. در جداول ۶ تا ۱۷ مقایسه زوجی گزینه‌ها براساس

5 Rock Substance Strength
6 Rock Mass Rating

www.SID.ir

Archive of SID

معیارهای مختلف انجام شده است و براساس وزن‌دهی انجام شده با استفاده از نرم افزار **MATLAB** خصوصیات گزینه‌ها براساس هر معیار نشان داده شده است.

۲-۲-۴. محاسبه وزن نهایی

وزن نهایی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی، از مجموع حاصل ضرب وزن هر معیار در امتیاز گزینه مورد نظر بدست می‌آید. مجموع امتیازات بدست آمده برای هر گزینه از رابطه (۴) حاصل می‌شود:

$$A_{AHPscore} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}.W_{ij} \qquad i = 1, 2, ..., \mathrm{m} \qquad (۴)$$

که در آن a_{ij} بیانگر میزان اهمیت نسبی گزینه i ام به ازای شاخص C_j و W_j نشانگر اهمیت شاخص C_j می‌باشد. همچنین لازم است که مقادیرگزینه‌ها و وزن شاخص‌ها نرمالیزه شود [9].

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} = 1 \qquad j = 1, 2, ..., \mathrm{n} \qquad (۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} W_j = 1 \qquad (۶)$$

برای گزینه‌های مورد نظر در معدن مس قلعه زری، وزن نهایی هر گزینه محاسبه و در جدول ۱۸ درج شده است. شکل ۳ نیز میزان مناسبت هر گزینه را نشان می‌دهد.

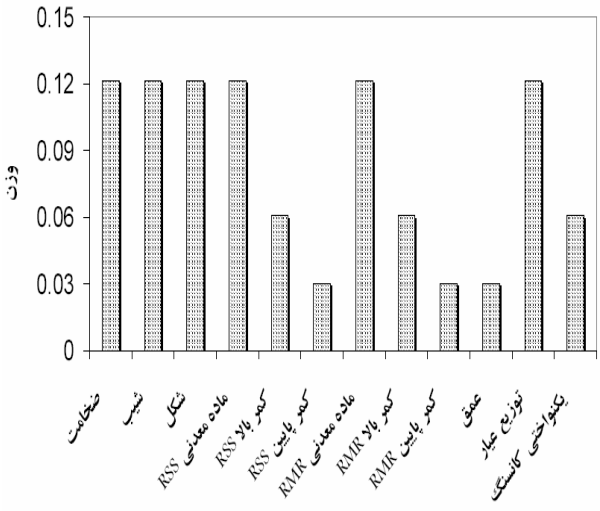
همانطور که از این جدول و شکل مذکور مشاهده می‌شود بهترین روش استخراج برای این کانسار روش **انباره‌ای** می‌باشد.

۳-۴. محاسبه نرخ ناسازگاری

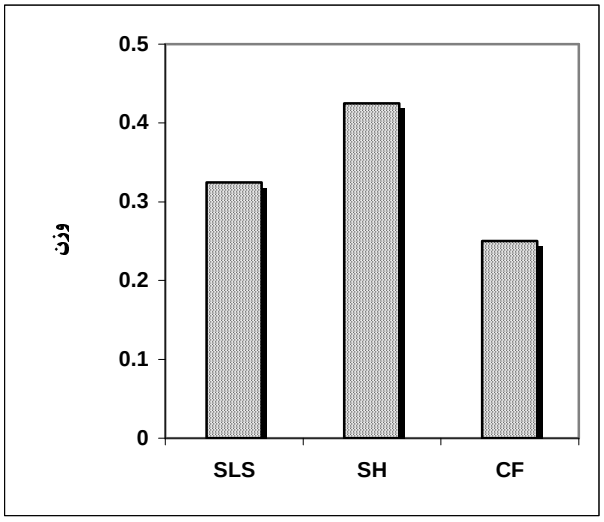
محاسبه نرخ ناسازگاری نیز از اهمیت بالایی در روش AHP برخوردار است.

در حالت کلی می‌توان گفت که میزان قابل قبول ناسازگاری یک سیستم بستگی به تصمیم گیرنده دارد، اما ساعتی عدد ۰/۱ را به عنوان حد قابل قبول ارائه می‌نماید و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد، بهتر است در قضاوت‌ها تجدید نظر شود [9].

شاخص ناسازگاری[۷]، شاخص ناسازگاری تصادفی[۸] و نرخ ناسازگاری[۹] سلسله مراتبی با توجه به روابط زیر محاسبه می‌شود.



شکل ۲. درجه اهمیت پارامترهای مختلف در انتخاب روش استخراج



شکل ۳. روش استخراج مناسب با روش AHP

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \qquad (۷)$$

$$R.I.I = 1.98\frac{n-2}{n} \qquad (۸)$$

$$I.R. = \frac{I.I.}{R.I.I} \qquad (۹)$$

که در این روابط $I.I.$ شاخص ناسازگاری، $R.I.I$ شاخص ناسازگاری تصادفی، $I.R.$ نرخ ناسازگاری، $\lambda_{\max}$ بزرگترین مقدار ویژه ماتریس و n اندازه ماتریس می‌باشد.

7 Inconsistency Index
8 Random Inconsistency Index
9 Inconsistency Ratio

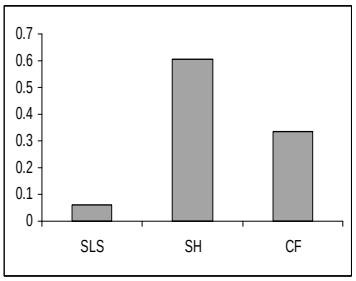
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. مقایسه زوجی بین پارامترها

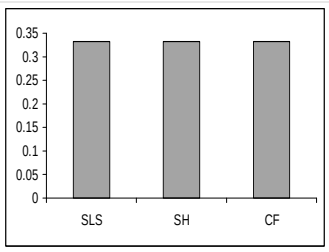
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	وزن
C_1	1	1	1	1	2	4	1	2	4	4	1	2	**0.1212**
C_2	1	1	1	1	2	4	1	2	4	4	1	2	**0.1212**
C_3	1	1	1	1	2	4	1	2	4	4	1	2	**0.1212**
C_4	1	1	1	1	2	4	1	2	4	4	1	2	**0.1212**
C_5	1/2	1/2	1/2	1/2	1	2	1/2	1	2	2	1/2	1	**0.0606**
C_6	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	**0.0303**
C_7	1	1	1	1	2	4	1	2	4	4	1	2	**0.1212**
C_8	1/2	1/2	1/2	1/2	1	2	1/2	1	2	2	1/2	1	**0.0606**
C_9	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	**0.0303**
C_{10}	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	**0.0303**
C_{11}	1	1	1	1	2	4	1	2	4	4	1	2	**0.1212**
C_{12}	1/2	1/2	1/2	1/2	1	2	1/2	1	2	2	1/2	1	**0.0606**

جدول ۶. مقایسه زوجی پارامتر ضخامت



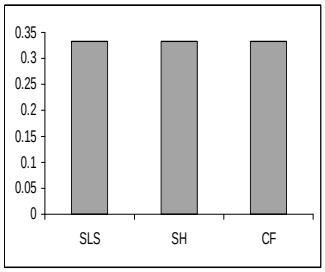
ضخامت	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1/9	1/6	**0.0611**
انباره ای (SH)	9	1	2	**0.6056**
کند و آکند (CF)	6	1/2	1	**0.3333**

جدول ۷. مقایسه زوجی پارامترشیب



شیب	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1	1	**0.3333**
انباره ای (SH)	1	1	1	**0.3333**
کند و آکند (CF)	1	1	1	**0.3333**

جدول ۸. مقایسه زوجی پارامتر شکل

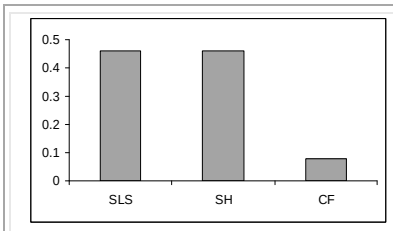


شکل	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1	1	**0.3333**
انباره ای (SH)	1	1	1	**0.3333**
کند و آکند (CF)	1	1	1	**0.3333**

www.SID.ir

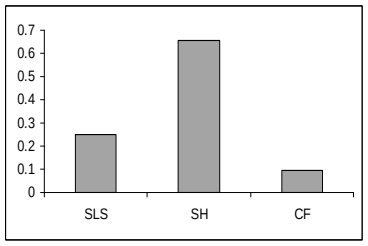
Archive of SID

جدول ۹. مقایسه زوجی پارامتر RSS کانسار



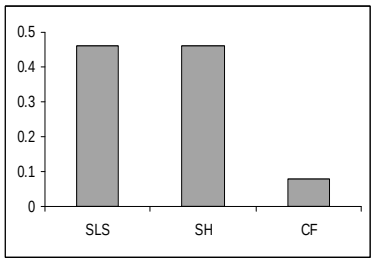
RSS کانسار	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1	6	**0.4615**
انباره ای (SH)	1	1	6	**0.4615**
کند و آکند (CF)	1/6	1/6	1	**0.0769**

جدول ۱۰. مقایسه زوجی پارامتر RSS کمر بالا



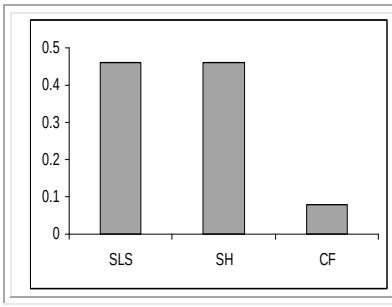
RSS کمر بالا	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1/3	3	**0.2499**
انباره ای (SH)	3	1	6	**0.6548**
کند و آکند (CF)	1/3	1/6	1	**0.0953**

جدول ۱۱ . مقایسه زوجی پارامتر RSS کمر پایین



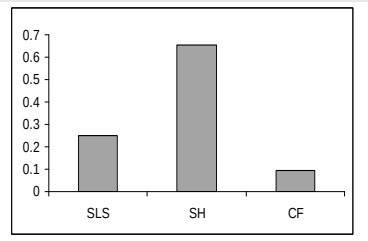
RSS کمر پایین	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1	6	**0.4615**
انباره ای (SH)	1	1	6	**0.4615**
کند و آکند (CF)	1/6	1/6	1	**0.0769**

جدول ۱۲. مقایسه زوجی پارامتر RMR کانسار



RMR کانسار	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1	6	**0.4615**
انباره ای (SH)	1	1	6	**0.4615**
کند و آکند (CF)	1/6	1/6	1	**0.0769**

جدول ۱۳. مقایسه زوجی پارامتر RMR کمر بالا



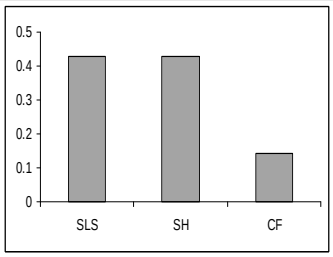
RMR کمر بالا	استخراج از طبقات فرعی	انباره ای	کند و آکند	وزن
استخراج از طبقات فرعی (SLS)	1	1/3	5	**0.2499**
انباره ای (SH)	3	1	6	**0.6548**
کند و آکند (CF)	1/5	1/6	1	**0.0953**

www.SID.ir

Archive of SID

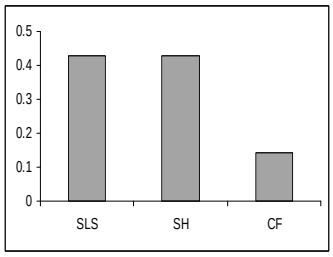
جدول ۱۴. مقایسه زوجی پارامتر RMR کمر پایین

وزن	کند و آکند	انباره ای	استخراج از طبقات فرعی	RMR کمر پایین
0.4286	3	1	1	استخراج از طبقات فرعی (SLS)
0.4286	3	1	1	انباره ای (SH)
0.1429	1	1/3	1/3	کند و آکند (CF)



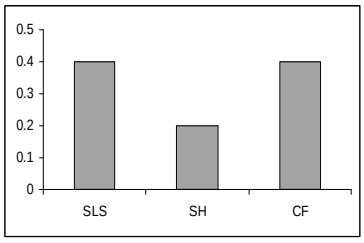
جدول ۱۵. مقایسه زوجی پارامتر عمق

وزن	کند و آکند	انباره ای	استخراج از طبقات فرعی	عمق
0.4286	3	1	1	استخراج از طبقات فرعی (SLS)
0.4286	3	1	1	انباره ای (SH)
0.1429	1	1/3	1/3	کند و آکند (CF)



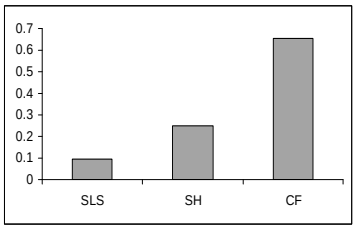
جدول ۱۶. مقایسه زوجی پارامتر توزیع عیار

وزن	کند و آکند	انباره ای	استخراج از طبقات فرعی	توزیع عیار
0.4	1	2	1	استخراج از طبقات فرعی (SLS)
0.2	1/2	1	1/2	انباره ای (SH)
0.4	1	2	1	کند و آکند (CF)



جدول ۱۷. مقایسه زوجی پارامتر یکنواختی کانسار

وزن	کند و آکند	انباره ای	استخراج از طبقات فرعی	یکنواختی کانسار
0.0953	1/6	1/3	1	استخراج از طبقات فرعی (SLS)
0.2499	1/3	1	3	انباره ای (SH)
0.6548	1	3	6	کند و آکند (CF)



در جدول ۱۹ مقادیر λ_{max}، شاخص نسازگاری، شاخص ناسازگاری تصادفی و نرخ ناسازگاری ماتریس مورد نظر آمده است. ملاحظه می‌شود که شاخص ناسازگاری و نرخ ناسازگاری برای همه ماتریس‌ها کمتر از ۰/۱ است که این دلالت بر قضاوت منطقی ارائه شده در خصوص مقایسه زوجی پارامترها و گزینه‌ها دارد.

۵. نتیجه‌گیری

انتخاب روش استخراج مناسب از بحرانی‌ترین و دشوارترین مسائل در حرفه مهندسی معدن است و از نظر اقتصادی، امنیتی، قابلیت تولید و ... بسیار مهم است. تاکنون مطالعات و تلاش‌هایی در جهت ابداع یک روش کاملاً سیستماتیک در انتخاب روش استخراج برای یاری رسانی به مهندسین انجام شده است. لیکن در اغلب موارد پارامترها ثابت بوده و طرح‌های پیشنهادی از ارائه قضاوت و درک مهندسی و نیز تعیین میزان تأثیر هر یک از عوامل ناتوان بوده‌اند. با توجه به اینکه روش AHP در حل مسأله‌های تصمیم‌گیری چند منظوره با موفقیت بکار برده شده است، لذا در این مقاله با بهره‌گیری از این تکنیک و با در نظر گرفتن ۱۲ معیار مختلف کمی و کیفی و نیز دخالت دادن سه روش استخراج به عنوان گزینه‌های ممکن در تصمیم‌گیری، به فرموله کردن مسئله انتخاب روش استخراج مناسب برای کانسار مس قلعه زری به صورت سلسله مراتبی پرداخته شد. مطالعات فنی انجام شده نشان می‌دهد که در شرایط موجود روش انباره‌ای مناسب‌ترین طرح استخراج برای

www.SID.ir

Archive of SID

کانسار مس قلعه زری می‌باشد. همچنین براساس وزن دهی‌های انجام شده، پارامترهای ضخامت، شکل، شیب، RSS کانسار، RMR کانسار و توزیع عیار دارای بالاترین درجه اهمیت هستند. در آخرین مرحله با مقایسه نرخ ناسازگاری بدست آمده (۰/۰۰۲۲) با عدد پیشنهادی آقای ساعتی (۰/۱) مشخص شد که قضاوت ارائه شده در خصوص مقایسه زوجی پارامترها و گزینه‌ها منطقی می‌باشد.

جدول ۱۸. محاسبه وزن نهایی گزینه ها

پارامترها	وزن	استخراج از طبقات فرعی	انباره‌ای	کند و آکند
ضخامت	0.1212	0.0611	0.6056	0.3333
شیب	0.1212	0.3333	0.3333	0.3333
شکل	0.1212	0.3333	0.3333	0.3333
RSS کانسار	0.0606	0.4615	0.4615	0.0769
RSS کمر بالا	0.0303	0.2499	0.6548	0.0953
RSS کمر پایین	0.1212	0.4615	0.4615	0.0769
RMR کانسار	0.0606	0.4615	0.4615	0.0769
RMR کمر بالا	0.0303	0.2499	0.6548	0.0953
RMR کمر پایین	0.0303	0.4286	0.4286	0.142
عمق	0.1212	0.4286	0.4286	0.1429
توزیع عیار	0.1212	0.4	0.2	0.4
یکنواختی	0.0606	0.0953	0.2499	0.6548
وزن نهایی		**0.3246**	**0.4248**	**0.2506**

جدول ۱۹- مقادیر λ_{max} ، *I.I.*، *R.I.I* و *I.R.* برای ماتریس های مختلف

I.R. = Ave (I.I. / R.I.I) = 0.0022

	وزن	λ_{max}	*I.I.*	*R.I.I.*
هدف	**1**	**12**	**-3.2297 e – 0.16**	**1.6500**
ضخامت	**0.1212**	**3.0092**	**0.0046**	**0.6600**
شیب	**0.1212**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
شکل	**0.1212**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
RSS کانسار	**0.1212**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
RSS کمر بالا	**0.0606**	**3.0183**	**0.0091**	**0.6600**
RSS کمر پایین	**0.0303**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
RMR کانسار	**0.1212**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
RMR کمر بالا	**0.0606**	**3.0183**	**0.0091**	**0.6600**
RMR کمر پایین	**0.0303**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
عمق	**0.0303**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
توزیع عیار	**0.1212**	**3.0000**	**0.0000**	**0.6600**
یکنواختی	**0.0606**	**3.0183**	**0.0091**	**0.6600**

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] Hartman, H.L., "*Introductory Mining Engineering*", Wiley, New York, 1987, 633pp.

[2] Boshkov, S.H., and Wright, F. D., "*Basic and parametric criteria in the selection, design and development of underground mining systems*", SME Mining Engineering handbook, 1973, PP.12.2 to 12.3.

[3] Morrison, R. G. K., "*AQ Philosophy of ground control*", McGill University, Montreal, Canada, 1976, PP. 125-159.

[4] Laubscher, D. H., "*Selection of mass underground mining methods, Design and operation of caving and sublevel stoping mines*", Chapt. 3, Stewart, D., ed., SME-AIME, New York, 1981, PP. 23-38.

[5] Nicholas, D. E., "*Method Selection - A Numerical approach , Design and operation of caving and sublevel stoping mines*", Chapt. 4, Stewart, D., ed., SME-AIME, New York, 1981, PP. 39-53.

[6] Nicholas, D. E., "*Selection Procedure*", SME Mining Engineering Handbook, Hartman, H.L., ed., 1992, PP. 2090-2106.

[7] Miller, L., Pakalnis, R. and Poulin, R., "*UBC Mining method Selection*", Mine planning and equipment selection (MPES), Singhal, ed., Balkama, Ronerdam, 1995.

[8] Bitarafan, M. R., and Ataei, M., "*Mining method selection by multiple criteria decision making tools*", Journal of the south African institute of mining and metallurgy, Vol. 104, No.8 ,October 2004, PP. 1-6

[9] Saaty, T. L., "*Decision making for leader*", RWS Publication, 2001, 315P.

[۱۰] جهانشاهی، حمید، "*انتخاب روش استخراج و طراحی کارگاه‌ها در معدن مس قلعه زری بیرجند*"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن، دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۳..

www.SID.ir