

انتخاب روش بهینه استخراج در معادن سنگ‌های ساختمانی ایران به روش TOPSIS فازی (مطالعه موردی: معدن سنگ گرانیت گزیک بیرجند)

آرش ابراهیم آبادی^۱، ایرج علوی^۲، سارا کهرای منفرد^۳

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم شهر، گروه مهندسی معدن، قائم شهر، ایران A.Ebrahimabadi@Qaemshahriau.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۸/۱۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۸/۱۲

چکیده

برای استخراج معادن سنگ‌های ساختمانی، روش‌های مختلفی استفاده شده‌اند که با گذشت زمان و پیشرفت فناوری، روش‌های قدیمی که مشکلات زیادی داشتند منسوخ شده‌اند. انتخاب تکنیک استخراج بهینه معادن سنگ‌های ساختمانی، یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است که باید با توجه به معیارهای مؤثر از جمله معیارهای زیست محیطی، روش استخراج مناسب انتخاب شود. در این تحقیق روش‌های معمول استخراج سنگ‌های ساختمانی شامل روش سیم‌برش الماسه، آتش‌کاری، نعل و پارس و مواد منبسط شونده کتراک و فرکت با توجه به عوامل مختلفی چون کاهش اثرات نامطلوب زیست محیطی، ایمنی و سلامت، کاهش ضایعات، افزایش سود ناخالص، مرغوبیت و کاهش زمان استخراج با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی FUZZY TOPSIS مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در مقایسه‌های انجام شده معیارهایی که در همه روش‌ها تأثیر یکسانی داشتند نادیده گرفته شدند. در پایان پس از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده، روش استخراج سیم‌برش الماسه به عنوان مناسب‌ترین گزینه برای استخراج سنگ‌های ساختمانی پیشنهاد گردید. در این خصوص مطالعه‌ای موردی نیز در معدن گرانیت گزیک بیرجند با متدولوژی ارائه شده انجام پذیرفت. نتایج تحلیل‌ها مویده نتایج حاصله از تحلیل کلی بود.

واژگان کلیدی: سنگ‌های ساختمانی، تصمیم‌گیری چندشاخصه، روش FUZZY TOPSIS، روش استخراج سیم‌برش الماسه

مقدمه

بر می‌گردد [۲]. در معادن سنگ بی‌بُعد، مقاومت و اندازه طبیعی سنگ مد نظر نیست، لذا استخراج آن به طور انتخابی صورت نمی‌گیرد و از روش حفاری و انفجار برای استخراج آن استفاده می‌شود. مانند سنگ لاشه که دارای شکل خاصی نبوده و برای ساختن پل‌ها، دیواره‌ها، سیل و موج‌شکن‌ها، کف کانال‌ها و بناسازی، دیواره تونل به شکل مالون (تراشیده شدن سنگ لاشه) از آن استفاده می‌شود. اما در معادن سنگ

سنگ‌های تزئینی یکی از مهمترین ذخائر معدنی کشور می‌باشند که در صورت توجه و استفاده مناسب از این ذخائر می‌توانند علاوه بر رفع نیاز داخلی، بخش مهمی از صادرات غیر نفتی کشور را شامل شوند و درآمد چشم‌گیری را برای کشور به ارمغان آورند. از زمانی که بشر به فکر ساختن مسکنی مستحکم بود، استخراج سنگ‌های ساختمانی آغاز گردید. لذا می‌توان گفت که استخراج سنگ از معادن، به چندین هزار سال قبل

انتخاب روش استخراج مناسب معادن توسط محققانی چون (Hartman, 1987)، (Nicholas, 1981) و اصلاح آن توسط (Miller et al, 1995) ارائه شده است [8,12,13,14]. اخیراً نیز تلاش‌هایی برای توسعه مدل‌های تحلیلی تصمیم‌گیری پیرامون انتخاب روش استخراج انجام گردیده است. از جمله این تلاش‌ها می‌توان به مطالعات محققانی نظیر (Karadogan et al, 2001) اشاره کرد [10]. معیارهای موثر بر روش استخراج معادن زیرزمینی و معادن سنگ ساختمانی، متفاوت می‌باشند. از این رو برای انتخاب روش مناسب جهت استخراج سنگ ساختمانی، باید عواملی چون سود ناخالص، مرغوبیت ایمنی، ضایعات، اثرات محیط زیستی و ... را در نظر گرفت و هر یک از روش‌ها را نسبت به این معیارها ارزیابی کرد. در این مقاله بعد از معرفی هر کدام از روش‌های استخراجی سنگ‌های ساختمانی، معیارهای موثر در فرآیند استخراج برای هر روش بررسی شده و در نهایت بهترین گزینه (روش استخراج) با کمک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه شباهت به گزینه ایده آل فازی (Fuzzy Topsis)، پیشنهاد شد. شایان ذکر است که گزینه‌های انتخابی استخراج در این تحقیق، آن دسته از روش‌هایی هستند که در ایران قابل کاربرد می‌باشند. در سال ۱۳۸۹، آریافر و همکاران در مورد روش مناسب استخراج سنگ‌های ساختمانی به روش سنتی شباهت به گزینه ایده‌آل، تحقیقی انجام داده‌اند [۱]. که مقاله حاضر، در تکمیل تحقیق قبلی، اما در بازه گسترده تری به روش فازی و با نظرسنجی از تعداد زیادی از کارشناسان خبره معدن در حیطه معادن سنگ ساختمانی و نما و میانگین‌گیری از داده‌ها

بعد دار (سنگ‌های تزئینی و نما) که دارای ابعاد فیزیکی و خصوصیات مکانیکی و شیمیایی مشخصی هستند، به همان صورت که در طبیعت هستند استخراج می‌شوند. در سنگ‌های ساختمانی بعد دار، هدف خرد کردن سنگ نبوده و هدف، ایجاد شکستگی صفحه‌ای و آماده سازی آن برای بهره برداری با شکل و ابعاد اولیه و طبیعی آن می‌باشد. بنابراین برای استخراج آن‌ها یا از طریق برش دادن و یا از طریق شکاف ایجاد کردن توسط چال‌هایی با انفجار کنترل شده استفاده می‌شود. این سنگ‌ها به اندازه‌های دلخواه بریده شده و در کف و نمای داخل و خارج ساختمان به کار می‌روند.

ایران کشوری است با پتانسیل معدنی بالا به ویژه در بخش معادن سنگ، به همین علت اهمیت بخش معدن در رشد اقتصادی کشور قابل توجه می‌باشد. مطالعات موجود نشان می‌دهد که ایران به لحاظ برخورداری از معادن سنگ، در رتبه دوم و از حیث زیبایی و تنوع در سنگ‌های رنگی، در رده نخست جهان قرار دارد. تاکنون روش‌های مختلفی برای استخراج سنگ‌های ساختمانی مورد استفاده قرار گرفته اند که از جمله روش‌های معمول در استخراج این سنگ‌ها در اکثر معادن ایران، می‌توان به روش‌های آتش‌کاری (مواد منفجره ضعیف و کنترل شونده)، نعل و پارس سیم برش الماسه و مواد منبسط شونده کتراک و فرکت، اشاره نمود. از آنجا که هر یک از روش‌های استخراج سنگ‌ها نسبت به دیگر روش‌ها دارای محاسن و معایبی می‌باشند، لذا نمی‌توان بدون انجام یک بررسی دقیق و حساب‌شده، بیان کرد که کدام روش مناسب‌تر است. تکنیک‌های مختلفی برای

و به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام شده است. در ادامه و به جهت صحت سنجی نتایج حاصله، مطالعه موردی نیز در معدن گرانیت گزیک بیرجند با متدلوژی ارائه شده انجام پذیرفته است.

روش های رایج استخراج معادن سنگ ساختمانی در ایران

مهم ترین مرحله در نام گذاری روش استخراج مرحله برش اولیه بلوک سنگ از کوه و پس از آن قواره کردن بلوک های سنگی می باشد.

منظور از برش اولیه، عملیاتی است که به منظور برش بلوک سنگ های بزرگ از توده بر جای سنگ تزیینی و نما مورد استفاده قرار می گیرد که باید سعی شود حتی الامکان هنگام استخراج، صفحات صاف و نقش های زیبای داخلی سنگ در صفحه برش عمودی و یک سری برش افقی ایجاد می شود. برش های عمودی از بالاترین سطح و برش های افقی از پایین ترین سطح انجام می گیرند.

انتخاب صحیح روش برش سنگ های تزیینی و نما از مهم ترین عوامل تعیین کننده در افزایش سود دهی آنهاست. برای انتخاب یک روش برش مناسب علاوه بر تجزیه و تحلیل درست کانسار، فن آوری روز را نیز باید در نظر گرفت.

امروزه معدن کاری و شیوه های رایج در آن در حال تحول دائمی است و بسیاری از مراکز و موسسات تحقیقاتی فعال در امور معدن برای پیشبرد اهداف معدن کاری دست به تولید موادی می زنند که بیشترین بازدهی را دارا بوده و در عین حال علاوه بر ارزانی قیمت، با محیط زیست سازگاری داشته باشد.

برای جدا کردن سطوح متصل به کوه، روش های مختلفی وجود دارد. از جمله روش های معمول در معادن سنگ ساختمانی ایران می توان به روش های نعل و پارس، برش با سیم الماسه، آتشکاری کنترل شده و مواد منبسط شونده کتراک و فرکت اشاره نمود [۲]. در ادامه به معرفی این روش ها پرداخته می شود.

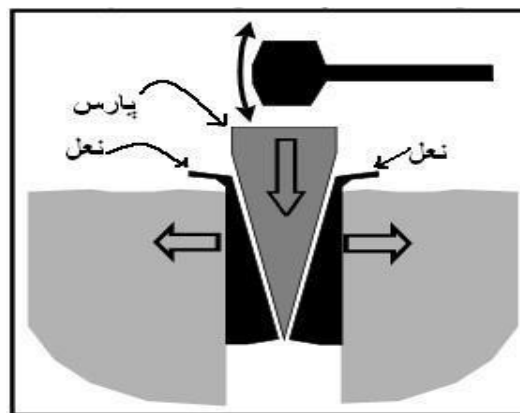
۱- روش نعل و پارس (Plug and Feather):

استفاده از روش نعل و پارس یکی از قدیمی ترین روش های مورد استفاده در استخراج بلوک های سنگ می باشد. در این روش در معدن سنگ گرانیت که معمولاً به صورت بلوک های بزرگ سنگی جدا از هم هستند و یا در معادنی که لایه بندی تقریباً افقی با سطوح منفصل و درزه های مشخص دارای سطح انفصال (غیرجسبنده) هستند، متداول است. هر چه چال ها به هم نزدیک تر و عمق آنها زیادتر باشد جدایش بلوک سنگ راحت تر و بهتر انجام می گیرد. در این روش، برای برش سطح مورد نظر، با استفاده از چکش دستی (پرفراتور) چال های قائمی را به قطر ۲۲ میلی متر به فاصله ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر (فاصله چال ها بستگی به بافت و جنس سنگ دارد) و به عمق ۱/۳ تا ۲/۳ ضخامت لایه سنگ (عمق چال ها نیز بستگی به جنس و بافت سنگ دارد) به گونه ای حفر می کنند که ابتدا و انتهای کلیه چال ها روی یک خط قرار گیرند. به عبارت دیگر، محور کلیه چال ها روی یک صفحه واقع شود. سپس در هر چال دو عدد نعل که از تسمه آهنی به طول ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر ساخته شده اند و لبه های آنها به منظور ممانعت از فرورفتن

و بلوک‌های بزرگ می‌گردد. سپس با حفر چال‌های موازی و به‌کارگیری روش نعل و پارس سستی بلوک‌های قواره با ابعاد مناسب از توده سنگ جدا می‌شود. تفاوت اساسی بین آتش‌کاری در معادن سنگ و روش‌های آتش‌کاری معمولی در این است که سنگ باید ترک‌خورده و لق شود و این ترک فقط در جهت دلخواه به وجود آمده و سنگ‌های اطراف نباید آسیب ببینند.

۳- روش استخراج با استفاده از مواد منبسط شونده (Expanded Powder): یکی از مواردی که به طور روز افزون در کارهای معدنی ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد انواع پودرهای منبسط شونده است. این پودرها پس از مخلوط شدن با آب، به صورت دوغاب در درون چال‌های از پیش حفاری شده ریخته می‌شوند و پس از مدتی در اثر پدیده هیدراتاسیون و آگیری، دوغاب حاصل تا چندین برابر خود افزایش حجم می‌دهد و در اثر این افزایش حجم، تنش فشاری بالایی به دیواره چال‌ها وارد می‌کند و این تنش در نهایت موجب شکسته شدن دیواره چال، در نقاط ضعیف موجود در اطراف دیواره و شکست سنگ و نهایتاً جدا شدن بلوک سنگی می‌گردد. با حفاری و آرایش چال‌ها در جهت‌های خاص می‌توان شکسته شدن دیواره چال‌ها را هدایت نموده و در نهایت قطعات سنگ و یا بتن را به طور دلخواه برش داد. قدرت انفجار و تخریب این مواد نظیر باروت، دینامیت و آنفو نبوده و در واقع به نوعی کار نعل و پارس را انجام می‌دهند.

به ته چال خم شده است، قرار می‌دهند. در ادامه قلم‌های فولادی مخصوص را در دهانه چال می‌گذارند و با پتک به صورت یکنواخت و به ترتیب، روی قلم‌ها ضربه می‌زنند. با ورود تدریجی قلم‌ها به داخل چال‌ها فشار وارد به دیواره چال‌ها موجب برش سطح مورد نظر می‌شود و شکاف مورد نظر در داخل سنگ ایجاد شده و با گسترش این شکاف‌ها بلوک سنگی جدا می‌شود. یعنی علاوه بر برش سنگ در فاصله بین چال‌ها، در بخش تحتانی نیز که چال حفر نشده است سطح برش تا انتهای لایه (رسیدن به سطح انفصال طبیعی) ادامه می‌یابد [۲]. در ادامه در شکل ۱، نحوه استفاده از نعل و پارس برای شکاف سنگ به طور شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱- نحوه عملکرد نعل و پارس برای شکاف سنگ

۲- روش آتش‌کاری کنترل شده (Controlled Blasting Technique): روش‌های آتشباری کنترل شده به دلیل راندمان تولید بالا همواره کاربردهای وسیعی در استخراج سنگ‌های ساختمانی داشته است. در این روش چال‌هایی در طول بلوک ایجاد شده و با به‌کارگیری مقدار ناچیزی مواد ناریه با قدرت ضعیف و فتیله انفجاری سعی در استخراج قطعات

۴- استخراج با استفاده از سیم برش های الماسه (Diamond Cut Wire): اولین واحد سیم برش الماسه در سال ۱۹۷۸ در معادن کارارا (Carrara) نصب شد. از آن زمان به بعد این روش، پیشرفت های سریعی را در زمینه تجهیزات و خود سیم شاهد بود. این روش، مدرن و مکانیزه بوده که به جهت جلوگیری از تضييع ماده معدنی و تولید سنگ های قواره با ابعاد مناسب و مورد پسند بودن در بازار و غیره حائز اهمیت می باشد. به دلیل مکانیزه بودن این روش، ماده معدنی باید از نظر ارزش اقتصادی مقرون به صرفه، دارای بازار فروش و شکل مناسب باشد. در این روش، سیم برش الماسه به صورت حلقه ای بسته پیرامون بخشی که باید برش داده شود قرار داده شده و به وسیله آب (حداقل آب ۶ تا ۸ لیتر در ده دقیقه) در طول عملیات خنک نگه داشته می شود. این حلقه بسته از طریق ایجاد چال متقاطع و عبور دادن سیم از داخل آن ایجاد می شود و بدین ترتیب یک مدار بسته به وجود می آید. در طول عملیات برش، دستگاه با حرکت بر روی ریل از سینه کار دور می شود و سیم تحت کشش قرار می گیرد. دستگاه سیم برش الماسه شامل سیم الماسه به طول ۲۵ تا ۴۵ متر (حداکثر ۱۵۰ متر) بوده که این سیم به وسیله یک وینچ با قرقره راهنما، در یک جهت معین به طور دایم روی سنگ قرار گرفته و سنگ را برش می دهد [15,16,17]. مکانیزم دستگاه به گونه ای است که می توان با جابجایی و تغییر جهت محور وینچ از حالت افقی به عمودی سنگ را به طور افقی و یا عمودی برید. سیم الماسه حامل سگمنت های الماسه به صورت حلقه هایی به قطر ۱۰ تا ۱۱ میلی متر است که روی سیم کابل فولادی به قطر ۵ میلی متر

قرار می گیرد و در فواصل بین این سگمنت ها، سیم فنر های فولادی و اتصالات ایمنی قرار دارد. تعداد سگمنت ها در هر متر طول سیم الماسه به حدود ۳۳ عدد می رسد که به فواصل ۲۵ تا ۳۲ میلی متر از یکدیگر قرار می گیرند [15,16,17].

معیارهای موثر در انتخاب روش استخراج سنگ های ساختمانی

معیارهایی چون سود ناخالص، مرغوبیت، حداکثر ایمنی، کمترین زمان، حداقل اثرات زیست محیطی و حداقل ضایعات، در انتخاب روش استخراج بهینه سنگ های ساختمانی موثرند. معیارهای انتخاب یک روش مناسب برای استخراج سنگ ساختمانی را می توان به دو دسته کیفی و کمی تقسیم نمود که در این مقاله که به روش فازی انجام شده، ابتدا برای پرسشنامه های اولیه به صورت متغیرهای زبانی و کیفی بیان شده و سپس وزن های نهایی به صورت اعداد قطعی، نمایش داده می شوند. همچنین برای یکنواختی در عملیات، تمام معیارها به صورت مثبت، تاثیر داده شده اند. به عنوان مثال، در تمامی تحلیل ها اثرات زیست محیطی برای انتخاب روش مناسب، یک تاثیر منفی است در صورتی که در این تحقیق به صورت حداقل اثرات زیست محیطی بیان شده و یک اثر مثبت در نظر گرفته شده است.

- سود ناخالص (هزینه منهای درآمد): برای استخراج یک بلوک سنگ ساختمانی با هر یک از روش های سیم برش الماسه، نعل و پارس، آتش کاری ماده منبسط شونده فرکت و کتراک، میزان هزینه

با توجه به این که پر کردن هر چال با ماده منفجره ۵ دقیقه زمان لازم دارد، برای پر کردن ۳۰ چال، ۲/۵ ساعت زمان نیاز می‌باشد. بنابراین ۵ ساعت برای استخراج یک بلوک یک متر مکعبی با استفاده از روش آتش‌کاری نیاز خواهد بود [۱].

- ضایعات: چنانچه به ذخایر معدنی به عنوان یک سرمایه ملی نگاه شود و ضایعات حین استخراج نوعی زیان و هدر رفتن سرمایه تلقی و برای آن ارزش مادی در نظر گرفته شود می‌توان گفت که ضایعات نیز از جمله معیارهای مهم در انتخاب روش استخراج می‌باشند [۳]. از جمله ضایعات به وجود آمده در استخراج سنگ‌های ساختمانی، می‌توان به ریز درزه‌ها در روش آتش‌کاری و نعل و پارس اشاره کرد که در زمان برش سنگ در هنگام مصرف، موجب تخریب سنگ می‌شوند. با توجه به مکانیزم استخراج در روش برش الماسه و مواد منبسط شونده، میزان ضایعات تولید شده در این روش‌ها نسبت به روش‌های سنتی کمتر می‌باشد.

- ایمنی: بسیاری از افرادی که از پودرهای منبسط شونده استفاده کردند، از بروز بعضی ناراحتی‌های ریوی و چشمی شکایت می‌کنند. اگرچه ارتباط مستقیم بروز این امراض با استفاده از این پودرها به اثبات نرسیده است ولی پایین بودن کیفیت تولید و استفاده از مواد مضر به خاطر ارزان تمام شدن قیمت تولید می‌تواند باعث بروز این بیماری‌ها شود. همچنین امکان تولید گازهای سمی را در هنگام استفاده از این پودرهای غیر استاندارد نمی‌توان نادیده گرفت. به دلیل

استخراج و درآمد ناشی از فروش بلوک سنگ، متفاوت است [۳]. مهم‌ترین هدف یک مهندس معدن، افزایش سود حاصله است.

- زمان: با توجه به این که در روش چال‌های موازی به طور متوسط در هر ۱۰ سانتی متر یک چال حفر می‌شود، در هر وجه غیر آزاد بلوک، ۱۰ چال یک متری و در مجموع به ۳۰ متر حفاری نیاز خواهد بود. اگر زمان هر متر ۵ دقیقه فرض شود، زمان حفاری ۱۵۰ دقیقه خواهد بود. معمولاً زمان لازم برای پرکردن چال‌ها با مواد منبسط شونده ۳۰ دقیقه و زمان انتظار برای عملکرد ماده منبسط شونده کتراک ۱۶ ساعت و برای ماده منبسط شونده فرکت ۱۰ ساعت می‌باشد و در نهایت زمان تولید یک بلوک یک مترمکعبی برای دو روش به ترتیب حدود ۱۹ و ۱۳ ساعت خواهد بود. در روش سیم برش، حفر ۳ چال هادی یک متری ۱۵ دقیقه و زمان عبور سیم ۳۰ دقیقه می‌باشد و با توجه به میانگین سرعت برش، هر ساعت یک متر مربع، کل زمان استخراج بلوک در این روش ۴ ساعت می‌باشد [۳]. البته قابل ذکر است که زمان تولید در این روش با توجه به خصوصیات ژئومکانیکی سنگ در معادن مختلف، دقیقاً به این نسبت نمی‌باشد. در روش نعل و پارس و آتش‌کاری همانند روش چال‌های موازی تعداد ۳۰ چال در ۳ وجه غیر آزاد سنگ باید حفر شود که با توجه به مدت لازم برای حفر هر متر چال در مجموع ۱۵۰ دقیقه برای حفاری صرف خواهد شد و با توجه به این که در مجموع ۳ ساعت برای ایجاد شکاف در سنگ نیاز است، لذا استخراج یک متر مکعبی با این روش، ۵/۵ ساعت خواهد بود. همچنین

روش های استخراج سنگ ساختمانی مشکلات زیست محیطی خاص خود را دارند.

فرآیند شباهت به گزینه ایده آل فازی (FUZZY TOPSIS)

۱- **منطق فازی:** منطق فازی گونه ای بسیار مهم از منطق است که توسط استاد ایرانی پروفیسور دکتر لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ مطرح شد و به طور جدی در مقابل منطق دودویی ارسطویی قرار گرفت. نظریه فازی زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم گیری در شرایط مبهم فراهم می آورد و قضاوت های کیفی را به اعداد کمی تبدیل می کند [19]. لطفی زاده (۱۹۶۵) تئوری مجموعه های فازی را به عنوان روشی برای مدل سازی در حالت ابهام و نبود قطعیت مطرح کرده است. مجموعه ها را می توان به مجموعه های معمولی (قطعی) و مجموعه های فازی تفکیک کرد و هر مجموعه شامل اجزایی است که عناصر یا اعضای مجموعه نامیده می شوند. در مجموعه های معمولی (قطعی) یک عضو یا به مجموعه تعلق دارد یا ندارد یعنی دو حالت بیشتر ندارد (۰ یا ۱). در این صورت مجموعه معمولی دو ارزشی است و تابع عضویت می تواند تنها دو مقدار ۰ یا ۱ بگیرد. یعنی یا صفر است (کارمند عضو مجموعه نیست) یا یک است (کارمند عضو مجموعه است). ولی در مجموعه فازی درجات بین ۰ و ۱ و مفهوم عضویت درجه بندی شده معرفی شده است. برای تعیین درجه عضویت از منطق فازی استفاده می شود و بین دو حالت صفر و یک درجه عضویت یک عنصر از یک مجموعه تعیین می شود. فازی بودن طیفی بین سیاه و سفید یا همان خاکستری

پایین بودن کیفیت برخی از آن ها، در هنگام استفاده در هوای گرم و به خصوص در چال هایی که در سنگ های آفتاب خورده حفر شده اند، این پودرها بلافاصله دچار انبساط شدید شده و تقریباً مشابه مواد منفجره در هنگام انفجار عمل کرده و باعث پرتاب سنگ می شوند. روش آتش کاری نیز به دلیل تولید گازهای سمی ناشی از تجزیه ماده منفجره و همچنین پرتاب سنگ، دارای کمترین امتیاز در این بخش می باشد [۱].

- **مرغوبیت:** محصول حاصل از روش سیم برش الماسه با روش های سنتی دارای تفاوت زیادی می باشد به طوری که این تفاوت اثر قابل ملاحظه ای در کاهش هزینه حمل، افزایش راندمان تولید در کارخانجات سنگبری، سهولت جابجایی و بهبود شرایط سینه کار دارد. با توجه به این که بلوک استخراجی با روش سیم برش الماسه نیاز به برش اولیه ندارد، لذا هزینه نهایی تولید در این روش کاهش می یابد، به عبارتی می توان گفت که هر چه مرغوبیت بلوک استخراجی بالاتر باشد، قیمت فروش آن بیشتر خواهد بود. بلوک استخراجی در روش آتش کاری، از کمترین مرغوبیت برخوردار می باشد و مرغوبیت بلوک استخراج شده با استفاده از مواد منبسط شونده و نعل و پارس حد واسط دو روش الماسه و آتش کاری کنترل شده می باشد [۱].

- **اثرات زیست محیطی:** به طور کلی هر فعالیت معدنی، حداقل بر روی یکی از اجزای محیط یعنی آب، خاک و هوا، تاثیر گذار است [۱]. هر کدام از

ایده آل مثبت و بیشترین فاصله ها را از جواب ایده آل منفی، دارد.

پس روش TOPSIS تکنیکی برای مرتب کردن ترجیحات با استفاده از نزدیکی به جواب ایده آل می باشد. جواب ایده آل (که جواب ایده آل مثبت هم نامیده می شود) جوابی است که شاخص های / معیارهای سود را بیشینه و شاخص های / معیارهای هزینه را کمینه می کند. بهترین گزینه، گزینه ای است که نزدیکترین به جواب ایده آل مثبت و دورترین به جواب ایده آل منفی باشد.

۳- روش TOPSIS فازی: تفکرات انسان همراه با عدم قطعیت است و این عدم قطعیت در تصمیم گیری تأثیر گذار می باشد. به همین دلیل از روش های تصمیم گیری فازی استفاده می گردد. یکی از روش های تصمیم گیری فازی TOPSIS فازی می باشد. در این حالت عناصر ماتریس تصمیم گیری یا وزن شاخص ها، و یا هردوی آنها به صورت فازی و با اعداد فازی بیان می گردند. روش های متعددی برای TOPSIS فازی ارائه شده است که در اینجا به چند نمونه اشاره می شود.

Lin and Triantaphyllou در سال ۱۹۹۶ یک نسخه جدید روش TOPSIS فازی را مبتنی بر عملیات محاسباتی فازی توسعه دادند که منجر به بدست آوردن نزدیکی نسبی فازی برای هر گزینه شد. اگر چه این روش یک نزدیکی نسبی فازی برای هر گزینه را به دست می دهد ولی این نزدیکی نسبی فازی که این روش بدست می آید کاری بیهوده می باشد [5,7,18]. در گذشته به جز روش Lin و Triantaphyllou

بودن است که امکان مدل سازی برای وضعیت های غیرقطعی فراگیر دنیای واقعی را فراهم می سازد [20]. تصمیم گیری یکی از اساسی ترین موضوعاتی است که همواره بشر حتی در زندگی روزمره خود با آن روبرو است. برای انجام یک کار خاص، ممکن است با گزینه های مختلفی روبرو شد که از بین آن ها باید بهترین گزینه انتخاب شود. در واقع تصمیم گیری به چگونگی انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه های ممکن می پردازد به طوری که گزینه های منتخب بتواند بیشترین سود و موفقیت را به همراه داشته باشد. تئوری مجموعه های فازی اولین بار توسط Zadeh در سال ۱۹۶۵، مطرح گردید. لطفی زاده با این تئوری عدم قطعیت ناشی از ابهامات تفکرات انسان را بیان نمود که اصلی ترین حسن این تئوری، توانایی ارائه داده هایی است که غیرقطعی هست. کاربرد مجموعه های فازی در مسائل تصمیم گیری یکی از مهم ترین و کارآمدترین کاربردهای این تئوری در مقایسه با تئوری مجموعه های کلاسیک می باشد. در واقع تئوری تصمیم گیری فازی، تلاش می کند که ابهام و عدم قطعیت های ذاتی موجود در ترجیحات اهداف و محدودیت های موجود در مسائل تصمیم گیری را مدل کند.

۲- روش TOPSIS کلاسیک: TOPSIS یکی از روش های تصمیم گیری چندشاخصه یا MADM است که m گزینه را با توجه به n معیار، رتبه بندی می کند. این روش اولین بار توسط Hwang و Yoon در سال ۱۹۸۱ معرفی گردید [9]. اساس این روش انتخاب گزینه ای است که کمترین فاصله را از جواب

دیگران نیز به یک نزدیکی نسبی قطعی برای هر گزینه رسیده‌اند. نزدیکی نسبی قطعی فقط یک راه حل ممکن را برای مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی یا MCDM فازی ایجاد می‌کند. به صورت نامناسب این مطالب هم تحریف شده و هم به خاطر عملیات محاسباتی فازی مطالب بی پایه ای بیش نیستند. Chen روش TOPSIS را در محیط فازی گسترش داد [6]. به این صورت که فاصله اقلیدسی قطعی بین اعداد فازی تعریف کرد. فاصله اقلیدسی هر گزینه از جواب ایده آل منفی و مثبت، هر دو یک مقدار قطعی است. Chen، تاپسیس فازی بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی داشته باشد که در شکل ۲، نشان داده شده است [6,7]. در این روش m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و هر مساله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت [5]. در روش TOPSIS فازی همان طور که گفته شد مقادیر شاخص و وزن‌های نسبی با اعداد فازی بیان می‌شوند. یک عدد فازی یک مجموعه فازی محدب است، با فاصله معینی از اعداد واقعی و هر کدام با یک درجه عضویت بین صفر و یک مشخص می‌شوند. رایج ترین اعداد فازی که استفاده می‌شوند، اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه ای می‌باشد. برای اختصار اعداد فازی مثلثی به صورت (a,b,c) و ذوزنقه ای به صورت (a,b,c,d) نمایش داده می‌شوند. ماتریس تصمیم فازی با تابع عضویت زیر مشخص می‌شود:

$(i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m)$ و بردار وزن‌های فازی که

با تابع عضویت زیر مشخص می‌شود:

$(j=1,2,\dots,m)$. بعد از این مراحل ماتریس تصمیم برای حل مسئله MADM بدست می‌آید [11]. الگوریتم این روش به شرح زیر است [4,5]:

۱- ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل می‌شود. با استفاده از پرسشنامه‌ها، ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها به معیارها بدست آمد. با توجه به عوامل ذکر شده و نظرات کارشناسان، پرسشنامه‌هایی آماده شد که به طور نمونه پرسشنامه اهمیت معیارها در جدول ۱ و ماتریس مقایسه زوجی معیارها در جدول ۲ و ماتریس تصمیم مقایسه گزینه‌ها و معیارها، در جدول ۳ آمده‌اند. در ادامه، ضریب اهمیت‌های پرسشنامه‌ها به صورت کیفی و کمی آمده است. اهمیت‌های کمی، جایگزین توصیف‌های کیفی شد. اعداد فازی برای بیان متغیرهای زبانی در ماتریس تصمیم‌گیری (۱۰ تا ۰) تعریف شده که خیلی کم [۳ و ۱]، کم [۵ و ۳] متوسط [۳ و ۵]، زیاد [۷ و ۵]، خیلی زیاد [۱۰ و ۹] هستند.

۲- بدون بعد کردن ماتریس تصمیم: برای معیار مثبت در هر ستون بیشترین عدد انتخاب شده، سپس همه درایه‌ها بر آن تقسیم می‌شوند. برای معیار منفی کمترین عدد برای هر ستون انتخاب شده و بر همه درایه‌ها تقسیم می‌شوند که در این مقاله، همه معیارها مثبت در نظر گرفته شده‌اند:

$$c_j^+ = \max_j c_{ij}$$

$$\bar{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad (1)$$

۳- تشکیل ماتریس بدون بعد وزن دار شده: ابتدا وزن معیارها مشخص می‌شود:

۵- تعیین فاصله از حل ایده آل و ضد ایده آل [7]:
که در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده اند.

$$d_i^+ = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n (\tilde{V}_{ij} - V_j^+)^2} \quad (5)$$

$$d_i^- = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n (\tilde{V}_{ij} - V_j^-)^2} \quad (6)$$

که در این روابط، اندیس i معرف معیار مورد نظر و اندیس j معرف گزینه مورد نظر می باشد.

۶- تعیین شاخص شباهت (ضریب نزدیکی)

$$CC = \frac{d^-}{d^- + d^+} \quad (7)$$

مقدار شاخص شباهت بین ۰ و ۱، تغییر می کند و هر چه گزینه مورد نظر به ایده آل مشابه تر باشد مقدار شاخص شباهت آن به یک نزدیکتر خواهد بود. کاملاً واضح است که اگر $A_j = A^+$ باشد، آنگاه d_i^+ مساوی صفر و شاخص شباهت آن مساوی یک خواهد بود و در صورتی که $A_j = A^-$ باشد، آنگاه d_i^- مساوی صفر و شاخص شباهت آن مساوی صفر خواهد بود. ۷- اولویت بندی گزینه ها: بر اساس بزرگی شاخص شباهت (ضریب نزدیکی) انجام شد که در شکل ۳ به نمایش درآمده است.

رتبه بندی گزینه ها، بر اساس شاخص شباهت خواهد بود، بدین ترتیب، گزینه هایی که دارای بیشترین شاخص شباهت است، دارای رتبه اول و گزینه ای که دارای کمترین شاخص شباهت است، حائز رتبه آخر خواهد بود که در این تحقیق به ترتیب این نتایج به دست آمدند: سیم برش الماسه: ۰/۶۹۷، فرکت: ۰/۵۸۸، نعل و پارس: ۰/۵۵۸، کتراک: ۰/۳۹۵ آتشباری کنترل شده: ۰/۳۵۰.

بردار وزن (۱تا۰) از ماتریس مقایسه زوجی معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به دست آمد که عبارتند از [5]: (۰،۱۶۰، ۰،۱۸۴، ۰،۱۸۴، ۰،۱۸۴، ۰،۱۱۴، ۰،۱۶۰، ۰،۱۹۹). با توجه به اینکه ماتریس $W_{n \times 1}$ قابل ضرب در ماتریس تصمیم نرمالایز شده ($n \times n$) نیست قبل از ضرب باید ماتریس وزن را به یک ماتریس قطری $W_{n \times n}$ تبدیل نمود (وزن ها روی قطر اصلی).

$$W = \begin{bmatrix} W_1 & \dots & \dots \\ \dots & W_2 & \dots \\ \dots & \dots & W_n \end{bmatrix}$$

$$V = R \times W = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ V_{m1} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{V}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_{ij} \quad (2)$$

۴- تعیین حل ایده آل فازی و ضد ایده آل فازی (FNIS و FPIS): حل ایده آل برای معیار مثبت ماکزیمم مولفه سوم و برای معیار منفی، مینیمم مولفه سوم، در هر ستون بدست می آید. حل ضد ایده آل برای معیار منفی، مینیمم مولفه اول و ماکزیمم مولفه اول در هر ستون، بدست می آید.

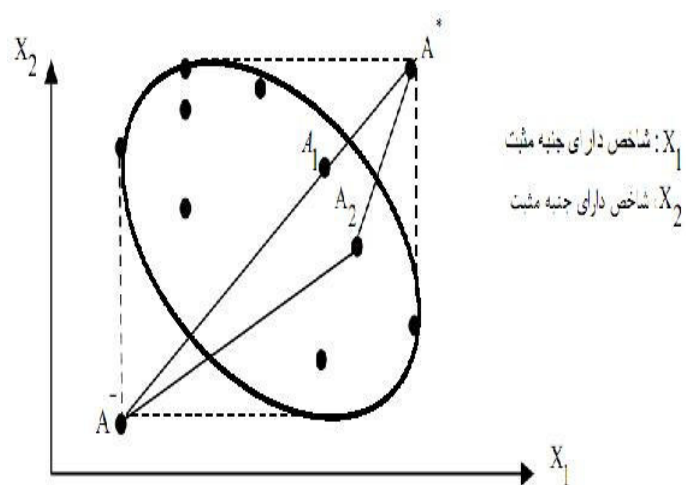
$$V_j^+ = \max_i \{\tilde{v}_{ij}\} \quad (3)$$

$$= 0,199, 0,160, 0,103, 0,184, 0,166, 0,160$$

$$V_j^- = \min_i \{\tilde{v}_{ij}\} \quad (4)$$

$$= 0,020, 0,016, 0,011, 0,020, 0,018, 0,016$$

که V_j^+ بهترین مقدار i امین معیار از بین تمام گزینه ها و V_j^- بدترین مقدار i امین معیار از بین تمام گزینه ها می باشد. گزینه هایی که در A^+ و A^- قرار می گیرند، به ترتیب نشان دهنده گزینه های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند.



شکل ۲- نمایشی شماتیک از مفهوم روش TOPSIS فازی

جدول ۱- اهمیت معیارها نسبت به هدف

اهمیت معیار					هدف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
*					حداکثر سود
		*			حداقل زمان
			*		حداقل ضایعات
	*				حداکثر ایمنی
	*				حداکثر مرغوبیت
		*			حداقل اثر زیست محیطی

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی معیارها

1.000,1.000,1.000	1.000,1.800,3.333	1.400,3.000,10.000	0.778,1.285,2.000	0.778,1.285,2.000	1.000,1.800,3.333
0.300,0.556,1.000	1.000,1.000,1.000	0.600,1.667,7.000	0.333,0.714,1.400	0.333,0.714,1.400	1.000,1.000,1.000
0.1000,0.333,0.714	0.142,0.600,1.667	1.000,1.000,1.000	0.111,0.428,1.000	0.111,0.428,1.000	0.142,0.600,1.667
0.500,0.778,1.285	0.714,1.400,3.000	1.000,2.333,9.000	1.000,1.000,1.000	1.000,1.000,1.000	0.714,1.400,3.000
0.500,0.778,1.285	0.714,1.400,3.000	1.000,2.333,9.000	1.000,1.00,1.000	1.000,1.000,1.000	0.714,1.400,3.000
0.300,0.556,1.000	1.000,1.000,1.000	0.600,1.667,7.000	0.333,0.714,1.400	0.333,0.714,1.400	1.000,1.000,1.000

جدول ۳- اهمیت معیارها نسبت به هدف

7.000,9.000,10.000	1.000,3.000,5.000	3.000,5.000,7.000	1.000,3.000,5.000	1.000,3.000,5.000	1.000,3.000,5.000
7.000,9.000,10.000	3.000,5.000,7.000	5.000,7.000,9.000	3.000,5.000,7.000	5.000,7.000,9.000	3.000,5.000,7.000
1.000,3.000,5.000	5.000,7.000,9.000	1.000,3.000,5.000	1.000,3.000,5.000	1.000,3.000,5.000	1.000,3.000,5.000
7.000,9.000,10.000	7.000,9.000,10.000	7.000,9.000,10.000	5.000,7.000,9.000	7.000,9.000,10.000	5.000,7.000,9.000
5.000,7.000,9.000	5.000,7.000,9.000	1.000,3.000,5.000	5.000,7.000,9.000	1.000,3.000,5.000	7.000,9.000,10.000

جدول ۴- فواصل از حل ایده آل

فاصله	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	جمع
d(A ₁ ,A ⁺)	0.036	0.115	0.070	0.127	0.114	0.115	0.578
d(A ₂ ,A ⁺)	0.036	0.084	0.032	0.088	0.048	0.102	0.391
d(A ₃ ,A ⁺)	0.143	0.055	0.077	0.127	0.106	0.105	0.613
d(A ₄ ,A ⁺)	0.087	0.029	0.013	0.053	0.021	0.099	0.303
d(A ₅ ,A ⁺)	0.060	0.097	0.077	0.053	0.106	0.097	0.489

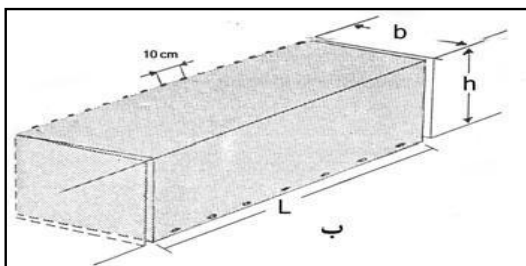
جدول ۵- فواصل از حل ضد ایده آل

فاصله	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	جمع
d(A ₁ ,A ⁻)	0.155	0.041	0.039	0.053	0.048	0.041	0.377
d(A ₂ ,A ⁻)	0.155	0.069	0.062	0.088	0.114	0.069	0.557
d(A ₃ ,A ⁻)	0.051	0.099	0.019	0.053	0.088	0.021	0.331
d(A ₄ ,A ⁻)	0.126	0.124	0.084	0.127	0.136	0.099	0.698
d(A ₅ ,A ⁻)	0.138	0.099	0.019	0.127	0.136	0.099	0.619

جهت کاهش اثرات سوء معدنکاری بر محیط زیست ساخته است بگونه‌ای که فعالیت‌های استخراجی چه در حین اجرا و چه پس از پایان یافتن فعالیت‌های استخراجی منشا آلودگی زیست محیطی نباشد. با توجه ویژه به این امر و با عنایت به روش ارائه شده برای انتخاب بهینه روش استخراج در معادن سنگ‌های ساختمانی در ایران، معدن سنگ گرانیت گزیک بیرجند برای انجام مطالعه موردی و صحت سنجی نتایج حاصله از تحقیقات پیشنهاد شد. از دلایل اصلی انتخاب این معدن، عدم انجام چنین تحقیقاتی در مورد معادن گرانیت می‌باشد. از دیگر دلایل مهم این انتخاب بررسی امکان انتخاب روش استخراجی به غیر از روش‌های مرسوم (استفاده از مواد منبسط شونده

مطالعه موردی: انتخاب روش بهینه استخراج در معدن سنگ ساختمانی گزیک بیرجند با اولویت مسایل زیست محیطی

همان‌گونه که در بخش‌های پیشین ذکر شد، به منظور استخراج و جداکردن بلوک‌های سنگی در معادن سنگ‌های ساختمانی از روش‌هایی چون نعل و پارس برش با سیم الماسه، آتشکاری کنترل شده و ... استفاده می‌شود. به غیر از انتخاب بهینه روش استخراج، توجه به ایمنی، سلامت و محیط زیست نیز از دیگر عوامل تاثیرگذار بر روند انتخاب روش استخراج می‌باشد. هم‌اینک در کشور قوانین توسعه پایدار دست‌اندرکاران معدنی را علاوه بر رعایت مسائل فنی و اقتصادی، ملزم به رعایت مسائل زیست محیطی و برنامه ریزی در



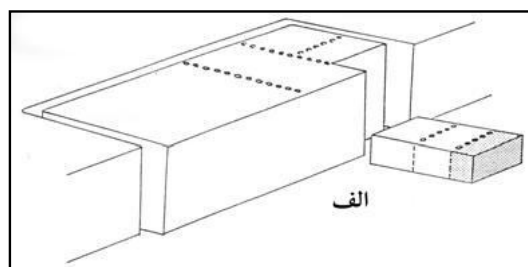
شکل ۴- بلوک در حال استخراج با دو سطح آزاد [۳]

با توجه به موارد ذکر شده، مبادرت به انتخاب روش برای معدن گزیک با روش ایده‌آل فازی شد. شایان ذکر است دلیل نزدیکی نتایج حاصله با تحلیل کلی نتایج مشابه قضاوت کارشناسان مربوطه در خصوص اهمیت موارد زیست محیطی در مورد حالت کلی و شرایط مطالعه موردی می‌باشد.

بحث

با بررسی روش‌های استخراج سنگ‌های تزئینی و معیارهای انتخاب روش، از بین روش‌های استخراجی، استخراج با استفاده از سیم برش الماسه انتخاب شده است چرا که روش‌هایی چون جت آب استخراج با استفاده از حرارت و لیزر روش‌هایی هستند که تکنولوژی آنها در ایران موجود نیست (حتی در کشورهای صاحب تکنولوژی استخراج گسترش کمتری دارند) و آوردن این تکنولوژی نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بسیار زیادی دارد، ضمن این که روش‌هایی چون استخراج با ماشین‌های هواژآتشباری سنتی و پنجه‌ای دیگر منسوخ شده‌اند. برخی دیگر نظیر برش با سنگ بر های دارای صفحه برش دارای کاربرد کمی هستند و اغلب به عنوان مکمل سایر روش‌ها به کار می‌روند. روش‌های نوین برش نیز هنوز در مرحله آزمایش قرار دارند. آن چه

انفجار و ... بوده که ممکن است آلاینده‌گی زیست محیطی را نیز به دنبال داشته باشد. در این مطالعه از تمام گزینه‌های احتمالی استخراج در سنگ‌های ساختمانی استفاده شد. استفاده از سیم برش الماسه با توجه به مزایایی که نسبت به روش‌های دیگر دارد توانسته است روش‌های سنتی استخراج را در معادن سنگ نرم بر (مرمریت‌ها) از میدان خارج کند اما متأسفانه نوعی تفکر سنتی، استفاده از این روش را در معادن سخت بر (گرانیت‌ها) قبل از بررسی و اجرا محکوم به شکست می‌داند و این در حالی است که در این مطالعه از تمامی گزینه‌ها در فرآیند انتخاب استفاده شده است. سنگ معدن از نوع گرانیت سبز بوده و برای استخراج بلوک سنگ از دو روش استفاده می‌شود که در اشکال ۳ و ۴ نشان داده شده است. به منظور انتخاب روش بهینه استخراج در این معدن عوامل اصلی زیست محیطی چون میزان ضایعات ایجاد شده در حین تولید، ایمنی، بهداشت کاری کارگران، کمینه بودن آلاینده‌گی روش، زمان، راندمان و هزینه تولید (شامل هزینه کلی استخراج، ماشین‌آلات، حمل و خرید مواد اولیه) را در مورد روش‌های استخراج با متدلوژی ارائه شده در این مقاله تحلیل نموده و نهایتاً روش مناسب استخراج پیشنهاد شده است.



شکل ۳- بلوک در حال استخراج با دو سطح آزاد [۳]

می‌گذارد. به عبارتی هرچه میزان کاربرد نعل و پارس در معدن افزایش یابد (حتی برای قواره‌سازی) تاثیر ابعاد بلوک استخراجی بر هزینه‌های استخراجی افزایش خواهد یافت، پس در معادن سنگ‌های تزئینی سخت تا آنجا که شرایط درزهای منطقه، ایمنی و تجهیزات اجازه دهند بهتر است ابعاد بلوک استخراجی را افزایش داد. به طور تئوریک (بدون در نظر گرفتن تولید سالیانه معدن) هرچه سنگ سخت‌تر شود، روش استخراجی با نعل و پارس نسبت به روش دیگر کم‌هزینه‌تر خواهد شد این در حالی است که در سنگ‌های گرانیتی درجه ۱ و ۲، روش استخراجی سیم برش الماسه همراه با قواره‌سازی با نعل و پارس کم‌هزینه‌تر خواهد بود. برای گرانیت درجه ۳، چنانچه ابعاد بلوک استخراجی کوچک انتخاب شود روش استخراجی سیم برش الماسه همراه با قواره‌سازی با نعل و پارس، هزینه استخراجی کمتری نسبت به روش استخراجی با نعل و پارس خواهد داشت. در غیر این صورت روش استخراجی با نعل و پارس کم‌هزینه‌تر خواهد بود. برای گرانیت درجه ۴ و ۵ روش استخراجی با نعل و پارس هزینه استخراجی کمتری خواهد داشت. در عمل (چنانچه تولید سالیانه نیز در نظر گرفته شود) در روش استخراجی با سیم برش الماسه، با افزایش تولید سالیانه معدن، هزینه‌های استخراجی کاهش خواهند یافت، این در حالی است که نرخ کاهش هزینه‌ها در حالی که از روش قواره‌سازی با نعل و پارس استفاده می‌شود بیشتر است. اما در روش استخراجی با نعل و پارس به علت تولید کمی که دارد با افزایش تولید سالیانه هزینه‌های استخراجی افزایش خواهند یافت، با توجه به این مسئله مشخص می‌شود

مسلم است هر سنگ در محیط خود روش خاصی را جهت استخراج می‌طلبد و برای تمامی سنگ‌ها نمی‌توان الگوی خاصی را در نظر گرفت. باید به طور کلی با توجه به بررسی‌های زمین‌شناختی انجام شده زیر ساخت‌های اقتصادی منطقه، میزان ذخیره، ابعاد کانسنگ، قوانین و مقررات کشوری، مرغوبیت و نادر بودن سنگ و در کنار آن توجیه اقتصادی و نوع مصرف، روش مطلوب استخراج را انتخاب نمود. استخراج سنگ با روش سیم برش الماسه از لحاظ اقتصادی به صرفه‌تر است. اما متأسفانه تفکر سنتی غالب در معادن (به خصوص گرانیت) بر این عقیده است که هزینه تولید با سیم الماسه بالاتر است، زیرا فقط به مجموع هزینه‌های عملیات استخراج توجه می‌شود و هیچ‌گاه به افزایش درآمد نهایی تولید با روش سیم الماسه توجه نمی‌گردد. هزینه عملیات استخراج به این روش بیشتر است، ولی میزان سنگ فرآوری شده به ازاء حجم سنگ استخراج شده بیشتر و به تبع آن درآمد ناشی از این روش افزایش می‌یابد که جبران هزینه‌های بیشتر عملیات تولید را می‌نماید و روش استفاده از سیم برش را اقتصادی‌تر می‌نماید. اولین تجربه برای استفاده از سیم برش در معدن گرانیت گزیک نشان داد که برای غلبه بر اندیشه استفاده از روش‌های سنتی به کمی شجاعت و صبر صاحبان معدن برای تغییر شیوه استخراج نیاز است. در تمامی روش‌های استخراجی، هر چه ابعاد بلوک استخراجی افزایش یابد هزینه‌های استخراجی کاهش خواهند یافت، از آنجا که ابعاد بلوک استخراجی تاثیر بیشتری بر هزینه‌های استخراجی روش استخراجی نعل و پارس نسبت به روش استخراجی سیم برش الماسه

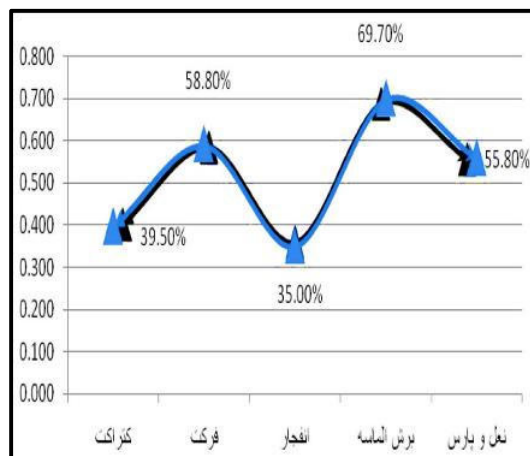
نتیجه گیری

روش های نعل و پارس، برش با سیم های الماسه آتش کاری (مواد منفجره ضعیف) و مواد منبسط شونده (کتراک و فرکت)، از جمله روش های معمول در استخراج سنگ ساختمانی در اکثر معادن ایران می باشند. از آنجا که هر یک از این روش ها نسبت به دیگر روش ها محاسن و معایبی دارند، لذا دستیابی به ایده آل ترین روش، بدون بررسی دقیق عوامل و معیارهای موثر، امکان پذیر نیست. در این مقاله روش های معمول استخراج سنگ های ساختمانی شامل نعل و پارس، برش با سیم های الماسه، آتش کاری (مواد منفجره ضعیف و کنترل شده) و مواد منبسط شونده (کتراک و فرکت)، با توجه به معیارهای مختلف از قبیل کاهش اثرات نامطلوب زیست محیطی، افزایش سود ناخالص، ایمنی، مرغوبیت و کاهش تولید ضایعات و کاهش زمان استخراج، مورد مقایسه قرار گرفت. در ادامه روش شباهت به گزینه ایده آل فازی، روش مناسبی برای استخراج سنگ های ساختمانی انتخاب گردید. نتایج بررسی ها نشان می دهد که استخراج سنگ با روش سیم برش الماسه بر خلاف ذهنیت معدن کاران (بالا بودن هزینه های پرسنلی، هزینه های انرژی مصرفی و هزینه های مواد مصرفی)، روش بهینه می باشد. به کارگیری روش مناسب برای استخراج سنگ های ساختمانی می تواند سبب افزایش بهره وری و در نتیجه افزایش تولید ناخالص ملی گردد. در نهایت اولویت بندی روش های بهینه استخراج معادن سنگ ساختمانی ایران به شرح نمودار (شکل ۵)، آمده است.

که تولید سالیانه معدن نقش مهمی در هزینه های استخراجی دارد چرا که در روش های استخراجی با تولید کم برای رسیدن به تولید سالیانه مورد نیاز تجهیزات بیشتری نیاز خواهد بود که در این شرایط هزینه دستگاه ها به ازای تناژ سنگ استخراجی افزایش خواهد یافت و در نهایت باعث افزایش هزینه های استخراجی خواهد شد. به طور خلاصه موارد ذیل را می توان برشمرد:

- چنانچه روش استخراجی، سیم برش الماسه باشد با افزایش تولید سالیانه هزینه استخراجی کمتر می شود.
- چنانچه روش استخراجی، استفاده از نعل و پارس باشد با افزایش تولید سالیانه هزینه استخراجی افزایش می یابد.
- در هر روش استخراجی با افزایش ابعاد بلوک استخراجی هزینه استخراجی در واحد حجم ماده معدنی کاهش می یابد.
- برای معادن سنگ گرانیات با تولید سالیانه بیش از ۱۰۰۰۰ تن، بهترین روش استخراجی استفاده از روش استخراجی با سیم برش الماسه و فواره سازی با نعل و پارس می باشد.
- نتایج تحقیق آریافر و همکاران (۱۳۸۹) که به روش TOPSIS کلاسیک به دست آمده بود، به نتایج این مقاله که داده های اولیه در بازه گسترده تری و به صورت فازی تغییر کرده بودند، خیلی نزدیک بوده و ترتیب اولویت روش های استخراج به صورت زیر است: سیم برش الماسه، فرکت، نعل و پارس، کتراک و آتشاری [۳].

- 8- Hartman, H. L., (1987), Introductory Mining Engineering, Wiley, New York, 633 p.
- 9- Hwang, C.L., and Yoon, K., (1981), Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications. Springer, Berlin.
- 10- Karadogan, A., Bascetin, A., Kahriman, A., and Gorgun, S., (2001), A new Approach in Selection of Underground Mining Method, Int. Conf. Modern Management Mine Producing Geol. Env. Protection, Varna, Bulgaria, June 3-9, pp 171-183.
- 11- Liao, C.N., Kao H.P., (2011), An Integrated Fuzzy TOPSIS and MCGP Approach to Supplier Selection in Supply Chain Management, Expert Systems with Applications 38: pp 10803-10811.
- 12- Miller, L., Pakalnis, R. and Poulin, R., (1995), UBC Mining Method Selection, Mine Planning and Equipment Selection (MPES), Singhal, ed, Balkama, Rotterdam.
- 13- Nicholas, D, E., (1981), Method Selection – A Numerical Approach, Design and Operation of Caving and Sublevel Stopping Mines. Chapt 4, Stewart, D., ed., SME-AIME, New York, pp 39-53.
- 14- Nicholas, D, E., (1992), Selection Procedure. SME Mining Engineering Handbook. Hartman, H. L., ed., pp 2090-2106.
- 15- Ozcelik Y., Polat E., Bayram F., and Ay A.M., (2004), Investigation of the Effects of Textural Properties on Marble Cutting with Diamond Wire, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 41(3): pp 398-405.
- 16- Ozcelik, Y., Kulaksiz, S., Aydin, M.Z., and Yurdugul, H., (1999), A Statistical Method for Practical Assessment of Saw ability with Diamond Wire Cutting Machine of Ankara-Cubuk Andesites. Proceedings of the Ninth International Congress on Rock Mechanics. Paris. France, pp 237-1240.
- 17- Ozcelik, Y., Kulaksiz, S., and Cetin, M.C., (2002), Assessment of the Wear of Diamond Beads in the Cutting of Different Rock Types by the Ridge Regression. Journal of Materials Processing Technology, 127, pp 392-400.
- 18- Wang, Y.M., and Elhag, T.M.S, (2006), Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets with an Application to Bridge Risk Assessment. Expert Syst Appl 31, pp 309-319.
- 19- Zadeh, L.A., (1965), Fuzzy Sets. Inf Control, 8, pp 338-353.



شکل ۵- نمودار رتبه بندی روش های استخراج

سنگ ساختمانی در ایران به روش TOPSIS فازی

منابع

- ۱- آریافر، ا.، میکائیل، ر.، عطایی، م.، (۱۳۸۹)، انتخاب روش مناسب برای استخراج سنگ های ساختمانی با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده آل (TOPSIS)، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ششم، شماره ۳، صص ۱۶۲-۱۶۹.
- ۲- عطایی، م.، (۱۳۸۷)، استخراج سنگ های ساختمانی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲۸۶ ص.
- ۳- اسعد فاطمی، س.ا.، پروین، ا.، (۱۳۸۳)، بررسی فنی اقتصادی استفاده از سیم برش الماسه به منظور استخراج گرانیت برای اولین بار در ایران در معدن گرانیت گزیک، بیرجند، اولین کنفرانس مهندسی معدن ایران، صص ۱۹۳۱-۱۹۳۸.
- 4- Alavi, I.; Alinejad, R. H.; Sadegh zadeh, M., (2011). Prioritizing Crescive Plant Species in Choghart Iron Mine Desert Region (Used | method: Fuzzy AHP). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): pp 1075-1078.
- 5- Alavi, I.; Alinejad, R, H., (2011). Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Plant Species Selection (Case study: Reclamation Plan of Sungun Copper Mine of Iran. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): pp1104-1113.
- 6- Chen, C.T., (2000), Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy Environment. Fuzzy Sets Syst, 114: pp1-9.
- 7- Chen, C.T., Lin, C.T. and Huang, S.F., (2006), a Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management. Int J Prod Econ 102, pp 289-301.