

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



فصلنامه علمی، تخصصی مهندسی معدن
دانشجویان دانشگاه صنعتی امیرکبیر
سال بیستم، شماره ۳۸، زمستان ۹۵
تیراژ ۱۰۰۰
قیمت ۵۰,۰۰۰ ریال

این نشریه در پایگاه اطلاعاتی "مرجع دانش، CIVILICA" نمایه سازی می شود. نقل مطالب نشریه با ذکر ماخذ بلامانع است.

فهرست

۲ سر مقاله

مقالات پژوهشی

۳ ارتقای قابلیت پیش بینی ناهنجاری های چندعنصره ژئوشیمیایی با تحلیل سینگولاریتی

۷ اولویت بندی قابلیت مکانیزاسیون کارگاه های زغال سنگ با استفاده از روش های AHP و VIKOR (مطالعه موردی: معدن طزره)...

۱۳ بررسی زمین شناسی و ویژگی های شیمیایی ذخایر سیلیسی منطقه قاضی آباد (جنوب زنجان).....

مقالات گردآوری

۱۷ مقدمه ای بر مهندسی ریزش سنگ (Rockfall Engineering).....

۲۳ روش های فرآوری تنگستن.....

۲۹ سیستم های کنترل اتوماتیک در فرآوری مواد معدنی.....

۳۵ مروری بر مهم ترین روش های نوین پهنه بندی خطر زمین لغزش

معرفی

۴۳ معرفی کتاب کنکور کارشناسی ارشد مهندسی معدن، ویژه گرایش های استخراج و مکانیک سنگ.....

۴۴ معرفی نرم افزار FLAC 2D/3D.....

۴۶ معرفی کانی الماس.....

۴۸ معرفی سایت Info Mine.....

۵۰ گزارش ششمین کنفرانس مکانیک سنگ ایران.....

۵۱ معرفی ماشین های معدنی: ماشین حفار مکانیزه TBM.....

۵۳ گزارش فعالیت های شش ماهه دوازدهمین دوره انجمن علمی دانشجویی مهندسی معدن.....

مصاحبه

۵۵ گفتگو با دکتر کوروش شعبانی، مدیر آموزش سازمان نظام مهندسی معدن استان تهران.....

English Section

Articles Abstract.....	57
Book to Learn.....	59
Mining Mentors.....	63
Anecdotes.....	64

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مدیر مسئول: سیاوش ابراهیم پور

سردبیر: احسان آزاد

مشاوران علمی:

دکتر عباس مقصودی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، دکتر حسین حسینی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

هیات تحریریه:

احسان آزاد، محمد پارسا، صالح قادرنژاد، سعید لسه گانی دزکی، مهدی پوراسماعیل، سهند نوری، آرش ثبوتی، فرید اسدی، امیرمحمد وزیری، حمزه

اسحق، امیرمحمد غلامیان ابهری، دانیال قدیانی، وحید حسین پور، مرجان فضلی، محمد میرزهی کلاته، محمد عنایتی نجف آبادی، وحید خداپنده لو، بیژن

پیک، سیاوش ابراهیم پور، محمد حیدری

همکاران:

امور مالی: امیرحسین بدرالدینی، طراح: آرش قاسمیان، مسئول ارتباط با صنعت: بیژن پیک، روابط عمومی: میلاد رحیمی، تبلیغات: علیرضا هاشمی



سر مقاله

احسان آزاد / سردبیر

کنیم و همچنین از اساتیدی که چند سالی است به جمع این دانشکده پیوسته اند و با انرژی مضاعف و دانش خود سعی در علاقه‌مند کردن دانشجویان به این رشته اعظم مهندسی و برقراری ارتباط قوی‌تر با دانشجویان کرده‌اند قدردانی می‌کنیم. حال آنکه امید است با تکیه بر تجارب و دانش فنی اساتید پیشکسوت و بازنشسته دانشکده و همچنین به مدد اساتید تازه نفس دیگر بتوان جایگاه این رشته مادر مهندسی را بیش از پیش اعتلا بخشیده و این بهشت خدادادی معادن ایران را با تکیه بر نیروی زبده و متخصص پلی تکنیک آباد کرد.

همچنین باید پذیرفت که دانشکده به نیروهای جوان تر و اساتیدی نیاز دارد که بتوانند با نسل امروز راحت‌تر ارتباط برقرار کرده و با استفاده از متدهای نوین آموزشی مفاهیم بنیادی و اساسی این رشته را آموزش دهند حال آنکه هیچ کس منکر تجربه گرانقدر اساتید پیشکسوت و اعتبار و افتخارات و تلاش‌های وافری که برای این دانشکده کرده‌اند نیست.

در پایان به نمایندگی از تمامی دانشجویان، از اساتید گرامی جناب آقای دکتر فیروز علی‌نیا و جناب آقای دکتر تیمور اسلام کیش به پاس تمامی زحماتی که برای دانشجویان و این دانشکده و جامعه معدنی کشور کشیده‌اند تشکر می‌کنم.

تجربه نشان داده است که درختان کهن سال را باید در کنار درختان جوان نگه داشت تا این درختان کهن سال با ریشه‌های قوی و مستحکمی که در دل خاک دارند بتوانند در برابر طوفان‌ها و بادهای شدید مقاومت کرده و مانع از شکستن درختان جوان تر شوند و شاید در یک باغ وجود درختان تازه موجب طراوت و شادابی بیشتر باغ شوند. درختانی که با طراوت و تازگی خود می‌توانند امیدبخش آینده‌ای روشن برای باغ باشند. باغی که در ابتدا زمینی بایر بود و این درختان کهن سال ریشه‌های خود را در آن دوانده و با هزاران زحمت از دل خاک به آب رسیده و میوه‌های نابی را پرورانده‌اند اما این باغ اکنون نیاز به جانی تازه دارد این درختانی که خود حاصل میوه‌های این کهن درختان هستند حال باید در کنار آنها باغ را پرکنند. حضور این دو در کنار هم است که باغ را زیبا و کامل می‌کند.

پلی تکنیک از آن زمان مهندس نفیسی به همراه سایر دوستانش اولین آجرهای آن را بنا نهاد تا کنون، خاستگاه ظهور بزرگان علوم مهندسی کشور بوده است. با مرور گذشته و تاریخ این دانشگاه به حق به چنین بزرگمردانی بر خواهیم خورد که تحولات عظیمی را در کشور ایجاد کرده‌اند. در اینجا لازم است از زحمات اساتید گران قدری که سال‌ها از ابتدای ساخت این دانشکده تحت عنوان انستیتو معدن و ذوب فلزات این عزیزان همواره همراه و یار آن بوده‌اند تشکر

ارتقای قابلیت پیش‌بینی ناهنجاری‌های چندعنصره ژئوشیمیایی با تحلیل سینگلاریتی

عباس مقصودی^۱، محمد پارسا^۲

^۱استادیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (a.magsoudi@aut.ac.ir)

^۲دانشجوی دکتری مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (m.parsasadr@aut.ac.ir)

چکیده

ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی محصول فرایندهای مختلف طبیعی و مصنوعی هستند و الگوهای پیچیده‌ای نشان می‌دهند. مدل‌سازی این الگوهای ناهنجار نیازمند توجه همزمان به ویژگی‌های این الگوها یعنی (الف) توزیع آماری، (ب) توزیع فضایی، (ج) شکل هندسی، (د) خودتشابهی و ثابت بودن مقیاس و (ه) پیچیدگی؛ می‌باشد. برخلاف روش‌های سنتی که فقط به توزیع آماری نمونه‌ها توجه می‌کنند، روش‌های فرکتال / مولتی‌فرکتال معمولاً تمامی موارد مذکور را به غیر از پیچیدگی الگوها، در شناسایی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی در نظر می‌گیرند. به منظور مشارکت پیچیدگی الگوهای ناهنجار ژئوشیمیایی در مدل‌سازی و تشخیص این ناهنجاری‌ها، روش سینگلاریتی (تکینگی) توسعه داده شده‌است. در این مطالعه، کاربرد این روش در شناسایی و تفکیک ناهنجاری‌های چندعنصره ژئوشیمیایی ضعیف منطقه اهر تشریح شده‌است. به مسائل زیست محیطی ناشی از عملیات معدن‌کاری یکی از ملزومات معدن‌کاری نوین است. ارائه طرح بستن و بازسازی برای زمین‌های معدن‌کاری شده یکی از اقدامات معدن‌کاران برای کاهش اثرات منفی زیست محیطی و اجتماعی ناشی از عملیات معدن‌کاری است.

واژه‌های کلیدی

ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی؛ سینگلاریتی؛ اثرات چندمتغیره ژئوشیمیایی.

مقدمه

می‌گیرد. طبقه‌بندی‌های مختلفی برای روش‌های شناخت الگوی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی وجود دارند که عبارت‌اند از (الف) روش‌های ساختاری و غیر ساختاری و (ب) روش‌های تعیین حد آستانه‌ای سخت و نرم. روش‌های غیر ساختاری شناخت الگوی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی، روش‌های فراوانی - محور هستند و توزیع فضایی، شکل هندسی و استقلال از مقیاس (روابط قانون توانی) الگوهای ناهنجار ژئوشیمیایی را در نظر نمی‌گیرند. از انواع این روش‌ها، می‌توان به تعیین تجربی حدود آستانه‌ای، تعیین حدود آستانه‌ای از طریق مقایسه با میانگین جهانی، تعیین حدود آستانه‌ای با استفاده از میانگین و انحراف استاندارد داده‌های ژئوشیمیایی، تعیین حدود آستانه‌ای با استفاده از نمودار جعبه‌ای اشاره کرد [۲].

تنوع و پیچیدگی فرایندهای زمین‌شناسی در مکان‌های مختلف باعث می‌شود که حتی کانسارهای هم‌نوع در بسیاری از ویژگی‌ها از جمله در توزیع و شدت هاله‌های ژئوشیمیایی با هم متفاوت باشند. بنابراین، تعیین تجربی حدود آستانه‌ای و تعیین حدود آستانه‌ای از طریق مقایسه با میانگین جهانی همیشه نمی‌تواند برای شناخت الگوی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی قابل اتکا باشد. علاوه بر این، به علت در نظر نگرفتن الگوی پراکندگی نمونه‌های ژئوشیمیایی در شناخت الگوی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی، نتایج سایر روش‌های فراوانی - محور

در مدل‌سازی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی فرض بر این است که با شناخت الگوی توزیع نظام‌دار ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی، سرخ‌های مناسبی برای مدل‌سازی کانسار مورد نظر به دست آید. بنابراین، مسأله‌ی مورد بررسی در مدل‌سازی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی (الف) شناخت الگوی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی و (ب) بررسی ارتباط ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی با کانسار مورد نظر است.

تشخیص الگوهای ناهنجار ژئوشیمیایی مرتبط با کانی‌زایی و تفکیک این الگوها از الگوهای زمینه‌ی ژئوشیمیایی، اساس مطالعات پی‌جویی و اکتشاف معدنی، در مقیاس‌های مختلف ناحیه‌ای تا محلی است [۱].

الگوهای ناهنجار ژئوشیمیایی، که نتیجه فرایندهای کانی‌زایی، هوازدگی و فرسایش و فعالیت‌های انسانی می‌باشند، به عنوان الگوهای ژئوشیمیایی نادر و کم‌یاب شناخته می‌شوند که با سایر الگوهای متداول و رایج ژئوشیمیایی متفاوت هستند [۲]. تفاوت الگوهای ناهنجار ژئوشیمیایی با سایر الگوهای متداول و رایج ژئوشیمیایی را می‌توان در جنبه‌های مختلف (الف) توزیع آماری، (ب) توزیع فضایی، (ج) شکل هندسی (د) پیروی از روابط قانون توانی بررسی کرد.

روش مناسب تشخیص الگوهای ناهنجار ژئوشیمیایی، روشی است که تمامی ویژگی‌های الگوهای ژئوشیمیایی را در مدل‌سازی در نظر

مذکور، قابلیت اتکای پایینی دارند.

در مقابل، روش‌های ساختاری، روش‌های فضایی- فراوانی- مینا هستند و برای مدل‌سازی ژئوشیمیایی، هم به توزیع آماری نمونه‌های ژئوشیمیایی و هم به توزیع فضایی و شکل هندسی این نمونه‌ها توجه می‌کنند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های فرکتال و مولتی‌فرکتال مدل‌سازی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی اشاره کرد. روش‌های فرکتال / مولتی‌فرکتال مدل‌سازی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی، در واقع به منظور مدل‌سازی ویژگی استقلال از مقیاس الگوهای ژئوشیمیایی بر اساس روابط قانون توانی توسعه پیدا کرده‌اند و بنابراین، از آنجاییکه کلیه ویژگی‌های الگوهای ژئوشیمیایی را در نظر می‌گیرند، مناسب‌ترین روش‌ها در مدل‌سازی و تشخیص الگوهای ناهنجر ژئوشیمیایی هستند [۲].

علاوه بر ویژگی‌های مذکور در مورد الگوهای ناهنجر ژئوشیمیایی، پیچیدگی زمینه ژئوشیمیایی و یا به عبارت دیگر، پنهان بودن ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی در زمینه، باعث عدم توانایی بسیاری از روش‌ها در شناخت الگوهای ناهنجاری ژئوشیمیایی می‌شود [۲]. استفاده از روش‌های پنجره متحرک، راه موثری در شناخت الگوهای پیچیده ناهنجاری ژئوشیمیایی است. این روش‌ها با در نظر گرفتن پنجره‌های دارای ابعاد مشخص و مقایسه میانگین مقادیر ژئوشیمیایی موجود در یک پنجره و پنجره‌های مجاور، قادر به شناسایی الگوهای ناهنجاری ژئوشیمیایی پیچیده هستند. این روش‌ها روش‌های حد آستانه‌ای نرم و سایر روش‌ها، روش‌های حد آستانه‌ای سخت نامیده می‌شوند [۳]. از جمله روش‌های حد آستانه‌ای نرم، می‌توان به روش مولتی‌فرکتال سینگولاریتی محلی [۴] اشاره کرد. روش سینگولاریتی دارای قابلیت تفکیک و شناسایی غنی‌شدگی و تهی‌شدگی ژئوشیمیایی است، و تمامی ویژگی‌های آنومالی‌های ژئوشیمیایی را در مدل‌سازی مورد نظر قرار می‌دهد. توانایی این روش در تشخیص آنومالی‌های ژئوشیمیایی در مقایسه با سایر روش‌ها، بسیاری از مطالعات نشان داده شده است [۲]. هدف از این مطالعه بررسی توانایی روش مذکور در تفکیک ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی چند عنصره می‌باشد. بدین منظور از داده‌های رسوب آبراهه‌ای منطقه‌ای اهر استفاده شد.

تحلیل سینگولاریتی

در علم فیزیک، عبارت تکین یا سینگولار، به پدیده‌هایی اطلاق می‌شود که دارای شار شدید انرژی یا ماده در یک المان کوچک فضایی-زمانی می‌باشند. این تعریف می‌تواند به پدیده‌های زمین‌شناسی نیز تعمیم داده شود. بر این اساس، زمین‌لرزه و کانی‌زایی می‌توانند دو پدیده‌ی تکین زمین‌شناسی در نظر گرفته شوند. زیرا این دو پدیده (الف) در مقایسه با مقیاس زمانی زمین‌شناسی در یک محدوده زمانی کوتاه رخ داده و یا می‌دهند، (ب) در مقایسه با گسترش زمین، در یک المان محدود فضایی (مکانی) رخ داده و یا می‌دهند و (ج) در المان محدود فضایی‌زمانی مذکور دارای شار شدید انرژی (زمین‌لرزه) و یا تزریق شدید ماده (کانی‌زایی، آلتراسیون هیدروترمال) هستند.

برای شناخت یک پدیده سینگولار، می‌توان از مدل‌سازی عددی استفاده کرد. بدین منظور، سطح مشخصی از یک ماده، دارای مقدار ماده مشخصی است. واضح است که با کاهش سطح، میزان ماده کاهش می‌یابد، در صورتی که افزایش یا کاهش عیار، تابع شرایط

زمین‌شناسی محلی است. در یک نقطه مشخص، افزایش عیار متناسب با کاهش سطح، معرف وجود خاصیت تکینگی در یک نقطه است. به طور کلی، در یک فضای دو بعدی (یک سطح)، رابطه عیار با مساحت را می‌توان با یک تابع توانی به صورت رابطه [۱] بیان کرد [۴]:

$$C(A) \propto A^{(\alpha/2)-1} \quad (1)$$

که، $C(A)$ بیانگر عیار، A بیانگر سطح، ∞ به معنی تناسب و α بیانگر اندیس سینگولاریتی می‌باشند. افزایش عیار متناسب با کاهش سطح در یک المان، بیانگر وجود تکینگی مثبت در آن نقطه است. برعکس، کاهش عیار متناسب با کاهش سطح، بیانگر وجود تکینگی منفی در آن المان است. به همین صورت، اگر متناسب با کاهش سطح، در یک المان عیار ثابت بماند، بیانگر عدم وجود تکینگی در آن المان است.

مطابق با معادله [۱]، اگر وجود سینگولاریتی در یک نقطه را به معنی وجود غنی‌شدگی ژئوشیمیایی در آن نقطه در نظر بگیریم، وجود اندیس α کمتر از ۲ معادل با غنی‌شدگی ژئوشیمیایی (سینگولاریتی مثبت)؛ وجود اندیس α بزرگتر از ۲ معادل با تهی‌شدگی ژئوشیمیایی (سینگولاریتی منفی) و وجود اندیس α برابر با ۲ در یک نقطه، به معنی عدم وجود سینگولاریتی در آن نقطه می‌باشد [۴].

استفاده از روش پنجره‌های چندگانه متحرک، برای بررسی خاصیت سینگولاریتی در یک نقطه ارائه داده شده است [۴]. مراحل انجام این روش عبارتند از: (الف) تعیین ابعاد پنجره‌های متحرک (i_i)، اندازه گام‌ها ($i_i + 1 - i_i$) و تعداد گام‌های لازم برای مدل‌سازی ژئوشیمیایی (به مقاله برای جزئیات مراجعه شود)؛ (ب) برازش پنجره‌های با ابعاد مختلف (i_i) و اندازه‌گیری میانگین غلظت نمونه‌های موجود در این پنجره‌ها (M_j)؛ (ج) اندازه‌گیری شیب خط ($\alpha - 2$) نمودار تمام لگاریتمی میانگین غلظت (M_j) در مقابل سایز پنجره (i_i). پارامتر اندیس سینگولاریتی (α)، به روش مذکور برای نقاط مختلف داده‌های ژئوشیمیایی به دست می‌آید. با ترسیم نقشه پراکندگی پارامتر α در نقاط مختلف، می‌توان به غنی‌شدگی و تهی‌شدگی ژئوشیمیایی در مکان‌های مختلف پی برد. میزان پارامتر α ، متأثر از سایز پنجره‌ها، تعداد گام‌ها و ابعاد گام‌هاست. به طور کلی، ابعاد پنجره بزرگتر، ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی ناحیه‌ای و ابعاد پنجره کوچک‌تر ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی محلی را بارزسازی می‌کنند.

روش مطالعه

منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی کمان ماگمایی ارومیه‌دختر قرار دارد و میزان کانی‌زایی مس از نوع پورفیری و اپی‌ترمال می‌باشد (شکل ۱). جمالی و مهربانی [۵] و پارسا و همکاران [۶] به تشریح جزئیات زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه پرداخته‌اند (شکل ۲). داده‌های ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور از منطقه برداشت شده‌اند (شکل ۲). جزئیات مربوط به روش برداشت نمونه‌ها، روش آنالیز و صحت سنجی نتایج را می‌توان در مقاله: [۷]، مطالعه کرد. با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی اقتصادی منطقه مورد مطالعه و مطالعات قبلی در این منطقه (به عنوان مثال: [۸])، عناصر طلا، نقره، آرسنیک، آنتیموان، سرب، روی، مس و مولیبدن به عنوان عناصر مرتبط با کانی‌زایی در منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. برای به دست آوردن یک اثر چند متغیره مرتبط با کانی‌زایی از منطقه

دهنده ی یک روند نظام دار و یا ارتباط مثبت اثر ژئوشیمیایی مذکور با کانی‌زایی از نوع مورد نظر است [۷]. مطابق این شکل، منحنی موفقیت اثر ارتقا یافته با آنالیز سینگولاریتی، بالاتر از منحنی موفقیت اثر چندعنصره خام حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی مقاوم قرار دارد؛ که نشان دهنده‌ی (الف) افزایش احتمال کشف غنی‌شدگی ژئوشیمیایی با اعمال روش سینگولاریتی به عنوان یک روش فیلترینگ (ب) تفکیک مناسب غنی‌شدگی و تهی‌شدگی ژئوشیمیایی با استفاده از روش سینگولاریتی و (ج) شناسایی الگوهای جدید ژئوشیمیایی با استفاده از روش سینگولاریتی که با سایر روش‌ها بارزسازی نشده‌اند؛ می‌باشد. شناسایی و تفکیک ناهنجاری‌های حاصل از داده‌های رسوبات آبراهه‌ای، به علت فرآیندهای فرسایشی، اثر رقیق‌شدگی، اثر سنگ بستر و پیچیدگی و تنوع فرآیندهای زمین‌شناسی یک مساله چالش برانگیز است. به منظور تفکیک موثر این ناهنجاری‌ها، کلیه ویژگی‌های الگوهای ناهنجار ژئوشیمیایی، یعنی توزیع آماری، توزیع فضایی، شکل هندسی، خودتشابهی و پیچیدگی الگوهای ناهنجاری باید در نظر گرفته شوند. به طور کلی، روش سینگولاریتی یکی از قوی‌ترین روش‌ها برای شناسایی ناهنجاری‌های ضعیف، ناهنجاری‌های پنهان و ناهنجاری‌های موجود در زمینه پیچیده ژئوشیمیایی می‌باشد، که کلیه موارد مذکور را در نظر می‌گیرد.

مراجع

- [1] Carranza, E.J.M., **Geochemical anomaly and mineral prospectivity mapping in GIS**. Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry. 11. Elsevier, Amsterdam. 2008.
- [2] Zuo, R., Wang, J., **Fractal/multifractal modeling of geochemical data: A review**. Journal of Geochemical Exploration DOI: 10.1016/j.gexplo.2015.04.010. 2015.
- [3] Shuguang, Z., Kefa, Z., Yao, C., Jinlin, W., & Jianli, D., **Exploratory data analysis and singularity mapping in geochemical anomaly identification in Karamay, Xinjiang, China**. Journal of Geochemical Exploration DOI: 10.1016/j.gexplo.2014.12.007. 2015.
- [4] Cheng, Q., **Mapping singularities with stream sediment geochemical data for prediction of undiscovered mineral deposits in Gejiu, Yunnan Province, China**. Ore. Geology Reviews 321, 314-324. 2007.
- [5] Jamali, H., Mehrabi, B., **Relationships between Arc maturity and Cu-Mo-Au porphyry and related Epithermal mineralization at the Cenozoic Arasbaran magmatic belt**. Ore Geology Reviews 65, 487-501. 2015.
- [6] Parsa, M., Maghsoudi, A., Yousefi, M., Sadeghi, M., **Prospectivity modeling of porphyry-Cu deposits by identification and integration of efficient mono-elemental geochemical signatures**. Journal of African Earth Sciences 114, 228-241. 2016.
- [7] Parsa, M., Maghsoudi, A., Yousefi, M., Sadeghi, M., **Recognition of significant multi-element geochemical signatures of porphyry Cu deposits**

مورد مطالعه از روش تحلیل مولفه‌های اصلی مقاوم استفاده شد. این روش در مقایسه با روش متداول تحلیل مولفه‌های اصلی (الف) به ماهیت بسته ای داده‌های ژئوشیمیایی توجه می‌کند و (ب) به وجود مقادیر خارج از ردیف در داده‌های ژئوشیمیایی حساس نیست [۹]. شکل ۳ نمودار بایپلات مولفه‌ی اول را در مقابل مولفه‌ی دوم نشان می‌دهد. مولفه اول ۴۳ درصد از تغییرپذیری داده‌ها را نشان می‌دهد و دارای بارهای مثبت برای عناصر طلا، نقره، مس، مولیبدن، سرب و روی است (شکل ۳). بنابراین این مولفه می‌تواند معرف کانی‌زایی تیپ پورفیری و ایپیرمال در منطقه مورد مطالعه باشد. از آنجا که تشریح جزئیات مربوط به روش تحلیل مولفه‌های اصلی مقاوم و نمودار بایپلات از حوصله این مقاله خارج است، به خوانندگان توصیه می‌شود مقاله‌ی: [۹] را برای آشنایی بیشتر با روش تحلیل مولفه‌های اصلی مقاوم و مقاله‌ی: [۱۰] را برای آشنایی بیشتر با نمودار بایپلات مطالعه کنند. نقشه مربوط به امتیازات مولفه اول در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، امتیازات بالای مولفه‌ی اول با توده‌های نفوذی الیگوسن در منطقه تطابق دارند. این مسئله بیان‌گر این است که این توده‌ها می‌توانند مسئول به وجود آمدن غنی‌شدگی عناصر مورد مطالعه در منطقه باشند [۱۱].

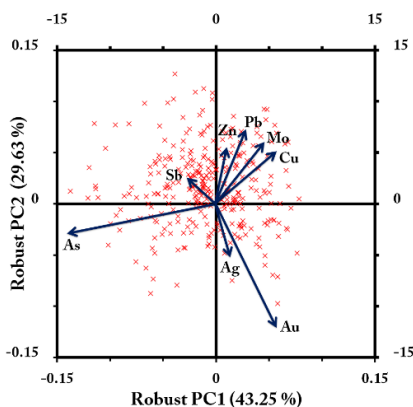
به منظور تشخیص غنی‌شدگی‌های ژئوشیمیایی و ارتقای اثر چند عنصره به دست آمده از تحلیل مولفه اصلی، از روش سینگولاریتی استفاده شد. در ابتدا به علت وجود مقادیر منفی در امتیازات مولفه اول، تمامی امتیازات با یک عدد مثبت جمع شدند، تا قابلیت مشارکت در روش سینگولاریتی را داشته باشند.

در مرحله بعدی، بر اساس ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، تعداد گام‌ها، گام اولیه و طول گام روش سینگولاریتی مشخص شد. یک برنامه در نرم‌افزار متلب به منظور به دست آوردن اندیس های آلفا (α) طراحی و اجرا شد. شکل ۵ نقشه پراکندگی اندیس‌های آلفا را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. مطابق این شکل، اندیس‌های با مقادیر α کوچکتر از ۲، معرف غنی‌شدگی ژئوشیمیایی، ارتباط معناداری را با توده‌های نفوذی الیگوسن در منطقه نشان می‌دهند.

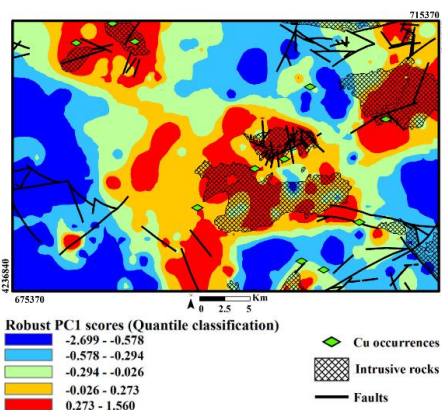
بحث و نتیجه‌گیری

برای به دست آوردن یک اثر چند عنصره مرتبط با کانی‌زایی از تحلیل مولفه‌های اصلی مقاوم استفاده شد. مولفه اول، دارای بارهای مثبت مرتبط با عناصر مرتبط با کانی‌زایی بود و به عنوان مولفه مرتبط با کانی‌زایی در محدوده انتخاب شد. سپس، روش سینگولاریتی به عنوان یک روش فیلترینگ، برای تفکیک غنی‌شدگی و تهی‌شدگی ژئوشیمیایی استفاده شد.

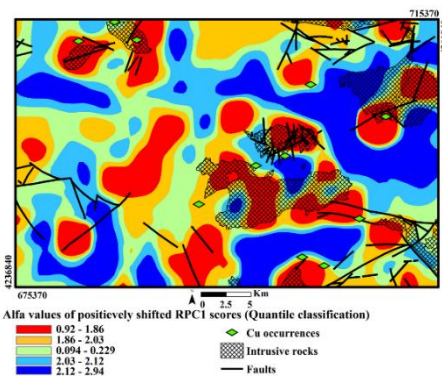
به منظور مقایسه اثر چندعنصره خام ژئوشیمیایی حاصل از مولفه اول تحلیل مولفه‌های اصلی مقاوم (شکل ۴) و اثر چندعنصره ارتقا یافته ژئوشیمیایی حاصل از مولفه اول تحلیل مولفه‌های اصلی مقاوم (شکل ۵)؛ از منحنی‌های موفقیت و اندیس‌های کانی‌زایی مس موجود در منطقه استفاده گردید. جزئیات مربوط به روش منحنی‌های موفقیت در مقاله‌ی: [۷] قابل مطالعه است. منحنی‌های موفقیت اثرات ژئوشیمیایی مذکور در شکل ۶ ترسیم شده است. به طور کلی، خط معیار در نمودارهای موفقیت بیانگر یک روند کاملاً تصادفی است. قرار گرفتن منحنی موفقیت یک اثر ژئوشیمیایی بالای خط معیار، نشان



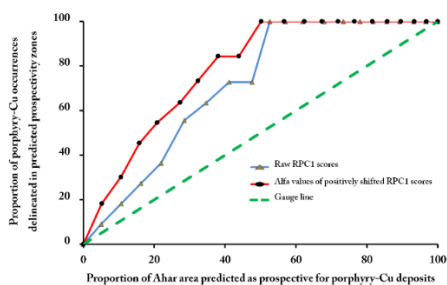
شکل ۳- منحنی بایپلات مولفه‌ی مقاوم اول در مقابل مولفه‌ی مقاوم دوم



شکل ۴- نقشه پراکندگی امتیازات مولفه‌ی مقاوم اول



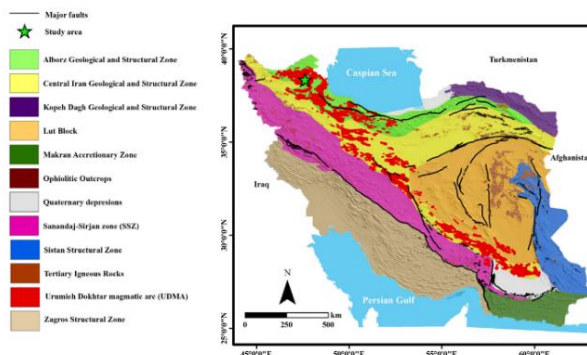
شکل ۵- نقشه پراکندگی اندیس‌های سینگولاریتی (α) مولفه مقاوم اول.



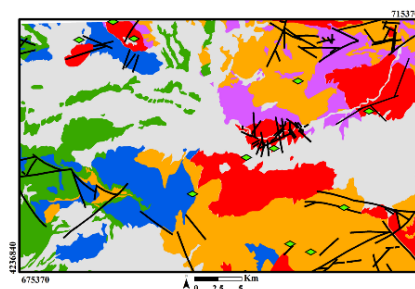
شکل ۶- منحنی‌های موفقیت مولفه‌ی مقاوم اول خام (آبی رنگ) و ارتقا یافته با روش سینگولاریتی (قرمز رنگ).

in Noghdoz area, NW Iran. Journal of Geochemical Exploration 165, 111-124. 2016.

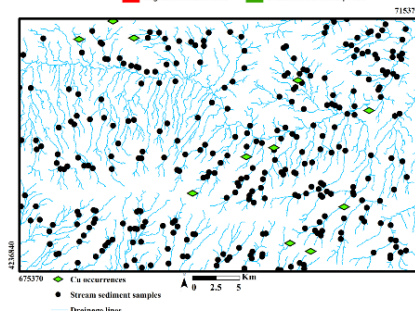
- [8] Parsa, M., Maghsoudi, A., Ghezlbash, R., Decomposition of anomaly patterns of multi-element geochemical signatures in Ahar area, NW Iran: A comparison of U-spatial statistics and fractal models. Arabian journal of Geosciences 9, 1-16. 2016.
- [9] Filzmoser, P., Hron, K., Reimann, C., The bivariate statistical analysis of environmental (compositional) data. Science of the Total Environment 408, 4230-4238. 2010.
- [10] Aitchison, J., Greenacre, M., Biplots of compositional data. Applied Statistics 51, 375-392. 2002.
- [0] Maghsoudi, A., Yazdi, M., Mehrpartou, M., Vosoughi, M., Younesi, S., Porphyry Cu-Au mineralization in the Mirkuh Ali Mirza magmatic complex, NW Iran. Journal of Asian Earth Sciences 79, 932-941. 2014.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کمان ماگمایی ارومیه- دختر



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه و موقعیت نمونه‌های رسوب آبراه‌های در منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه و موقعیت نمونه‌های رسوب آبراه‌های در منطقه مورد مطالعه

اولویت بندی قابلیت مکانیزاسیون کارگاه‌های زغال سنگ با استفاده از روش‌های AHP و VIKOR (مطالعه موردی؛ معدن طزره)

صالح قادرنژاد^۱، سعید لاله‌گانی^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشگاه تهران (saleh.ghadernejad@ut.ac.ir)

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشگاه تهران (saeed.lalegani@ut.ac.ir)

چکیده

افزایش نرخ تولید، کاهش هزینه و افزایش راندمان استخراج مواد معدنی از جمله مهم‌ترین اهداف معدنکاری هستند که بایستی با حفظ ایمنی به آن‌ها دست یافت. یکی از راه‌های رسیدن به این اهداف مکانیزه کردن کارگاه‌های استخراج است. از طرفی تصمیم‌گیری در ارتباط با قابلیت مکانیزاسیون کارگاه‌های استخراج امری بسیار حساس است و نیازمند مطالعات گسترده‌ای می‌باشد. ضخامت، شیب، کیفیت سنگ سقف، ظرفیت باربری سنگ کف، شرایط آب زیرزمینی در جبهه کار و گسترش لایه از جمله مهم‌ترین فاکتورهای تاثیرگذار بر قابلیت مکانیزاسیون کارگاه‌های استخراج هستند. در این تحقیق سعی می‌شود با استناد به اطلاعات موجود بهترین گزینه جهت مکانیزاسیون در میان کارگاه‌های استخراج زغال سنگ معدن طزره انتخاب شود. از اینرو بر اساس نظر نویسندگان و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش VIKOR بهترین گزینه جهت مکانیزاسیون انتخاب شد. کارگاه K19 در میان گزینه‌های موجود به‌عنوان اولویت اول برای مکانیزاسیون انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی

قابلیت مکانیزاسیون، لایه زغال، بهره‌وری، تحلیل سلسله مراتبی، VIKOR

مقدمه

روش‌های استخراج زغال را می‌توان به دو دسته جبهه‌کار طولانی و روش‌های پایه‌ای تقسیم بندی کرد [۴-۲]. با گذشت زمان و افزایش تجربه و آگاهی در معدن کاری روش‌های فوق جهت استخراج بهینه، اصلاح شده‌اند.

روش جبهه‌کار طولانی با توجه به بهره‌وری بالا نسبت به سایر روش‌های استخراج، از مقبولیت بالاتری برخوردار است. از جمله عوامل تاثیرگذار بر پیشرفت و تکامل این روش می‌توان به گزینه‌های زیر اشاره کرد [۷]:

- ۱- توسعه سیستم نگهداری قدرتی
- ۲- توسعه ناو زنجیری انعطاف‌پذیر
- ۳- توسعه ماشین‌های زغال‌بر

در این مقاله سعی می‌شود تا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و براساس اطلاعات موجود از کارگاه‌های استخراج معدن زغال سنگ طزره، مناسب‌ترین کارگاه جهت مکانیزاسیون انتخاب شود. از اینرو در ابتدا و براساس نظر نویسندگان و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن معیارهای تصمیم‌گیری محاسبه شد و در انتها با استفاده از روش VIKOR مناسب‌ترین گزینه انتخاب خواهد شد.

افزایش نرخ تولید، کاهش هزینه‌ها، بهبود شرایط کاری و افزایش بهره‌وری استخراج مواد معدنی به‌ویژه زغال سنگ از جمله مهم‌ترین اهداف و وظایف مهندسی معدن هستند [۴-۱]. یکی از راه‌های دستیابی به اهداف فوق، مکانیزه کردن کارگاه‌های استخراج است. مکانیزاسیون در مفهوم عام به معنی استفاده از ماشین‌آلات برای انجام کار است. در استخراج معدن می‌توان از زمان شروع استخراج برای بهبود شرایط کاری، حفظ و یا افزایش ایمنی و همچنین افزایش تولید از ماشین‌آلات استفاده کرد [۵].

به‌طور کلی مکانیزاسیون معدن موجب تغییر و یا اصلاح روش معدنکاری می‌شود [۴-۳]. از طرف دیگر، فرایند مکانیزاسیون معدن، فرایندی زمان‌بر و مستلزم صرف هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالای است. بنابراین قبل از تصمیم‌گیری نهایی در ارتباط با مکانیزه کردن معدن بایستی مطالعات گسترده‌ای انجام شود. به‌همین خاطر محققین و مهندسی دنبال راه‌های مختلف مکانیزه کردن معدن به‌ویژه معدن زیرزمینی هستند که موجب کاهش هزینه‌های استخراج، افزایش ایمنی و تولید می‌شود [۴-۲].

در طول سال‌های گذشته بسته به شرایط و خصوصیات لایه‌های زغالی روش‌های مختلفی برای استخراج زغال توسعه یافته است. به‌طور کلی

پیشینه تحقیق

تا کنون تعریف‌های متفاوتی برای واژه مکانیزاسیون ارائه شده است. مکانیزاسیون را می‌توان به صورت فرایند به‌کارگیری ماشین برای انجام کارهای که قبلاً به صورت دستی و یا توسط حیوانات انجام می‌شد تعریف کرد [۸]. در صنایع وابسته به معدن کاری، ماشین‌ها به منظور بهبود شرایط کاری، افزایش ایمنی و افزایش بهره‌وری از همان مراحل اولیه استخراج تا مراحل تولید محصول نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تجارب بدست آمده از مکانیزاسیون معادن نشان می‌دهد که علاوه بر تکنولوژی فیزیکی و شرایط زمین‌شناسی معدن، عوامل دیگری نیز وجود دارند که بر موفقیت و عدم موفقیت مکانیزه کردن پروژه تاثیر می‌گذارند. این موارد شامل تغییر در تیم مدیریتی، ساختارهای سازمانی، صنایع حامی، دسترسی به افراد ماهر و دانش مورد نیاز، آموزش‌های لازم، برنامه‌ریزی کاری و نحوه اجرای عملیات معدن کاری می‌شوند [۵]. مکانیزاسیون معادن با اهداف گسترده‌ای انجام می‌شوند که به طور خلاصه می‌توان آنها را به صورت زیر بیان کرد.

- بهبود شرایط ایمنی با کاهش تعداد افراد حاضر در بخش‌های خطرناک معدن
- افزایش تولید
- کاهش هزینه‌های مستقیم معدن کاری با متمرکز کردن فعالیت‌های معدنی
- بهبود شرایط کاری و بهبود کیفیت کار

تاکنون مطالعات گسترده‌ای توسط محققین بر روی قابلیت مکانیزاسیون معادن به‌ویژه معادن زغالی انجام شده است. عطایی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از تئوری منطق فازی، رویکرد جدیدی برای ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی ارائه کردند. در تحقیق انجام شده از پارامترهای شیب و ضخامت لایه، خصوصیات زمین‌شناسی و شرایط سنگ سقف و کف برای ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌ها استفاده شد [۴]. در ادامه حسینی و همکاران (۱۳۹۱) اندیس جدیدی را برای ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون معادن زغال‌سنگ ارائه کردند. پارامترهای به‌کار رفته در این اندیس شامل ضخامت و شیب لایه‌ها، یکنواختی لایه‌ها و شرایط سنگ سقف و کف می‌باشد. این شاخص قابلیت مکانیزاسیون معادن زغالی را در ۵ دسته خیلی ضعیف تا خیلی خوب تقسیم‌بندی کردند [۱]. حسینی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی، قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی را مورد بررسی قرار دادند. در تحقیق فوق پارامترهای شیب و ضخامت لایه‌ها، یکنواختی لایه‌ها و شرایط سنگ سقف و کف به‌عنوان پارامترهای موثر انتخاب شده و جهت ساخت مدل از آنها استفاده شد [۲]. در نهایت حسینی و همکاران (۲۰۱۳) پتانسیل مکانیزاسیون معادن زغالی را براساس پارامترهای مختلف مورد ارزیابی قرار دادند. حسینی و همکاران جهت ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی یک سیستم طبقه‌بندی کلاسیک ارائه دادند. این سیستم طبقه‌بندی پتانسیل مکانیزاسیون لایه‌های زغالی را به ۵ دسته خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب

تقسیم‌بندی می‌کند [۲]. در جدول ۱ به‌طور خلاصه پارامترهای به‌کار رفته جهت ساخت مدل‌های فوق نشان داده شده‌اند.

جدول (۱) مدل‌های ارائه شده جهت ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون و پارامترهای استفاده شده در آنها

پارامترهای به-کار رفته	عطایی (۲۰۰۹) [۴]	حسینی (۱۳۹۱) [۱]	حسینی (۲۰۱۲) [۲]	حسینی (۲۰۱۳) [۲]	قادرزاد و همکاران (۱۳۹۵) [۶]
ضخامت لایه	•	•	•	•	•
شیب لایه	•	•	•	•	•
یکنواختی	•	•	•	•	•
گسترش لایه	•	•	•	•	•
سنگ کف	•	•	•	•	•
سنگ سقف	•	•	•	•	•
شرایط آب	•	•	•	•	•

در این مقاله سعی می‌شود تا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و براساس اطلاعات موجود از کارگاه‌های استخراج زغال‌سنگ معدن طزره، بهترین کارگاه جهت مکانیزاسیون معرفی شود.

معرفی معدن طزره

منطقه طزره در شمال شرقی ایران و حد فاصل شهرستان شاهرود و دامغان قرار گرفته و از جاده تهران - مشهد ۲۸ کیلومتر فاصله دارد. منطقه مورد مطالعه به ترتیب در فواصل ۷۰ و ۴۰ کیلومتری شمال غربی شاهرود و شرق دامغان واقع شده است.

منطقه طزره به علت گستردگی به چند بخش کوچکتر تقسیم می‌شود که از شرق به غرب به ترتیب شامل مناطق دهملا، ممدویه، رزمجا، پشکلات و کلاریز می‌شود. سازند زغال‌دار در این سری، بخشی از سازند شمشک است که وسعت آن در حدود ۴۰ کیلومتر مربع و با تناوبی از لایه‌های زغالی، ماسه سنگ، سیلت‌استون و شیل می‌باشد. زغال سنگ موجود در منطقه، درون سنگ‌های ژوراسیک قرار دارد و به شکل لایه‌ای و رگه‌ای دیده می‌شود. زغال‌های این منطقه از نوع گازی چرب و کک شوی چرب می‌باشد. میزان ذخیره کانسار ۵۶۱۰ هزار تن و استخراج سالانه آن ۲۰۸۸۰ تن است. در شکل ۱ موقعیت قرارگیری معادن طزره نسبت به سایر معادن وابسته به شرکت زغال سنگ البرز شرقی مشاهده می‌شود [۹].

یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر پتانسیل مکانیزاسیون کارگاه‌های استخراج زغال، کیفیت سنگ سقف است. تخریب به موقع سقف پس از پیشروی سیستم نگهداری، یکی از شروط اصلی موفقیت روش جبهه-کار طولانی می‌باشد. از طرفی کیفیت سنگ کف و یا به عبارتی دیگر ظرفیت باربری سنگ کف بایستی در حدی باشد که از نفوذ سیستم-های نگهداری به داخل کف کارگاه مانع کند. همچنین یکی دیگر از عوامل محیطی تاثیرگذار بر قابلیت مکانیزاسیون، جریان آب از جبهه‌کار به داخل کارگاه می‌باشد که از درجه اهمیت کمتری برخوردار است. علاوه بر موارد ذکر شده، تاثیر گسترش لایه‌های زغالی بر مکانیزاسیون نیز قابل توجه می‌باشد. در این تحقیق سعی می‌شود تا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش VIKOR بهترین گزینه جهت مکانیزاسیون انتخاب شود. فرایند تصمیم‌گیری براساس اطلاعات منتشر شده از معدن طزره انجام خواهد شد. در جدول ۲ اطلاعات مربوط به کارگاه‌های مختلف معدن زغال سنگ طزره ذکر شده است.

تعیین درجه اهمیت پارامترها با استفاده از روش

تحلیل سلسله مراتبی

یکی از روش‌های قدرتمند تصمیم‌گیری چند معیاره، روش تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد که توسط ساعتی در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی، رفتار طبیعی سیستم را منعکس کرده و به تصمیم گیرنده، توانایی برقراری ارتباط بین معیارها در شرایط پیچیده و غیر ساختاری را می‌دهد. یکی از مهمترین مزایای این روش، امکان به کار گیری هم زمان معیارهای کمی و کیفی جهت قضاوت درباره یک مساله می‌باشد. روش تحلیل سلسله مراتبی، مسائل را به سه سطح شامل هدف، معیارها و گزینه‌ها تقسیم می‌کند که هر یک از معیارها می‌توانند شامل زیرمعیار نیز باشند. در واقع این روش، تصمیم‌گیری در مورد یک پدیده پیچیده غیر ساختاری را به یک مساله سازمان یافته تبدیل می‌کند. در اصل می‌توان گفت که روش ذکر شده مساله تصمیم‌گیری را به بخش‌های کوچکتر تقسیم می‌کند و اساس تصمیم‌گیری در هر بخش بر پایه مقایسه زوجی بین معیارهای موثر در مساله است.

جدول (۲) مشخصات کارگاه‌های استخراج زغال معدن طزره [۲]

کارگاه	شیب	ضخامت	مقاومت سقف	ظرفیت	جریان آب در	گسترش
	لايه (°)	لايه (متر)	(Kg/cm ²)	باربري کف (Kg/cm ²)	جبهه کار (m ³ /min)	لايه (m)
K8	۳۲/۵	۱/۱	۱۴۰/۴	۱۱۲/۵	۵	۶۵۰۰
K10	۳۰	۱/۶	۲۲۶	۱۲۲/۵	۶	۱۰۵۸۰
K11	۲۶	۱/۲	۴۱۷/۷	۸۳/۴	۴	۷۰۰۰
K17	۳۰	۰/۹	۱۲۸	۲۵۸/۷	۵	۳۵۰۰
K19	۳۰	۱/۶	۲۱۹/۶	۲۵۸/۷	۳	۴۵۰۰
K20	۲۹	۰/۶	۶۵/۳	۱۲۵/۵	۵	۵۲۵۰



شکل (۱) موقعیت مکانی معدن طزره و سایر معدن وابسته به شرکت زغال سنگ البرز شرقی [۹]

فاکتورهای موثر در مکانیزاسیون معدن زغال سنگ

پتانسیل مکانیزاسیون معدن به عوامل مختلفی بستگی دارند. این عوامل مربوط به خصوصیات ژئومکانیکی ماده معدنی و یا مربوط به خصوصیات محیط در برگزیده آن می‌باشد. در ارتباط با معدن زغال-سنگ، پارامترهای مربوط به لایه شامل شیب و ضخامت، گسترش و یکنواختی لایه می‌باشد. از طرفی پارامترهای مقاومت سنگ سقف، ظرفیت باربری کف و جریان آب در سینه‌کار را می‌توان در دسته عوامل محیطی قرار داد [۲].

در ارتباط با تاثیر شیب لایه‌ها بر مکانیزاسیون کارگاه‌های استخراج زغالی می‌توان گفت که با افزایش شیب، قابلیت مکانیزاسیون کاهش می‌یابد. از سوی، افزایش ضخامت لایه‌های زغال و همچنین یکنواختی و تداوم آنها موجب افزایش پتانسیل مکانیزاسیون کارگاه می‌شود. از طرفی حضور ساختارها و پدیده‌های زمین‌شناسی تاثیر منفی بر پتانسیل مکانیزاسیون خواهند گذاشت. به طور مثال در صورتی که شرایط پیچیده زمین‌شناسی از قبیل گسل و لایه‌بندی‌های نزدیک به هم در منطقه وجود داشته باشد، تاثیر قابل توجهی بر مکانیزاسیون خواهد گذاشت. در ادامه تاثیر عوامل محیطی بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی تشریح خواهد شد.

شروع طرح نباشد را می‌توان به کار برد [۱۱]. به کارگیری صحیح روش VIKOR در یک مساله نیازمند انجام گام‌های زیر است.

- گام ۱- تشکیل ماتریس تصمیم
 - گام ۲- بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم
 - گام ۳- تعیین بردار وزن معیارها
 - گام ۴- تعیین مقادیر بهترین و بدترین بر حسب سازگاری معیارها
 - گام ۵- محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تاسف (R)
 - گام ۶- محاسبه شاخص Q
 - گام ۷- تعیین گزینه برتر براساس شاخص های S، R و Q
- در ادامه هر یک از گام های زیر به تفصیل شرح داده خواهد شد.

۱- تشکیل ماتریس تصمیم

اولین قدم جهت انتخاب بهترین کارگاه از میان کارگاه‌های استخراج زغال معدن طزره جهت مکانیزاسیون با استفاده از روش VIKOR، تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم تشکیل شده با توجه به معیار و گزینه های موجود به صورت رابطه ۲ ایجاد شده است.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
A_1	32.5	1.1	140.4	112.5	5	6500
A_2	30	1.6	226	112.5	6	10580
A_3	26	1.2	417.7	83.4	4	7000
A_4	30	0.9	128	258.7	5	3500
A_5	30	1.6	219.6	258.7	3	4500
A_6	29	0.6	65.3	112.5	5	5250

(۲)

که در رابطه ۲، A_1 تا A_6 به ترتیب عبارتند از لایه‌های K8، K10، K11، K17، K19 و K20 می‌باشند.

۲- بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم

قدم دوم جهت انتخاب گزینه مناسب، بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم ایجاد شده در مرحله قبل است. در واقع در این مرحله معیارهای مختلف جهت مقایسه با یکدیگر بی‌بعد خواهند شد. رابطه ۳ ماتریس بی‌بعد ایجاد شده را نشان می‌دهد.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
A_1	0.45	0.37	0.25	0.27	0.43	0.40
A_2	0.41	0.53	0.53	0.27	0.51	0.65
A_3	0.36	0.40	0.74	0.20	0.34	0.43
A_4	0.41	0.30	0.22	0.61	0.43	0.21
A_5	0.41	0.54	0.39	0.61	0.26	0.28
A_6	0.40	0.20	0.17	0.27	0.42	0.32

(۳)

۳- تعیین بردار وزن معیارها

در این تحقیق جهت تعیین درجه اهمیت معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. وزن نهایی معیارها در جدول ۳ ذکر شده- اند.

ساعتی، چهار اصل را به عنوان اصول اصلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیان کرد که کلیه محاسبات براساس این اصول انجام می‌شوند.

اصل (۱) اگر برتری گزینه A نسبت به B برابر n باشد، برتری گزینه B نسبت به A، $\frac{1}{n}$ خواهد بود.

اصل (۲) گزینه‌های مورد بررسی بایستی قابل مقایسه باشند. به عبارت دیگر برتری گزینه A نسبت به B، صفر یا بی‌نهایت نباشد.

اصل (۳) هر گزینه می‌تواند به گزینه‌های سطح بالاتر از خود وابسته باشد

اصل (۴) با تغییر در ساختار تحلیل سلسله مراتبی، فرایند تحلیل بایستی دوباره انجام شود.

در این بخش از تحقیق سعی می‌شود تا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، براساس نظرات نویسندگان، وزن پارامترهای موثر به قابلیت مکانیزاسیون لایه های زغالی تعیین شود. از این رو با استفاده از مقیاس (۱-۹) ارائه شده توسط ساعتی، ماتریس مقایسه زوجی معیارها تشکیل شد. وزن نهایی هر یک از پارامترها در جدول ۳ نشان داده شده است.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	1	2	2	5	6	4
C_2	1/2	1	1	3	4	2
C_3	1/2	1	1	3	4	2
C_4	1/5	1/3	1/3	1	2	1/4
C_5	1/6	1/4	1/4	1/2	1	1/4
C_6	1/4	1/2	1/2	4	4	1

(۱)

جدول (۳) وزن نهایی معیارهای اصلی

C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
۰/۳۶۷	۰/۱۹۵	۰/۱۹۵	۰/۰۶۳	۰/۰۴۳	۰/۱۳۷

که در رابطه ۱ و جدول ۲، C_1 شیب لایه، C_2 ضخامت لایه، C_3 مقاومت سقف، C_4 ظرفیت باربری کف، C_5 مقدار آب در جبهه کار و C_6 گسترش لایه زغالی است.

انتخاب بهترین کارگاه جهت مکانیزاسیون با استفاده از روش VIKOR

روش VIKOR برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ توسط اپریکوک و تزنگ معرفی شد و سپس در ادامه طی سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ توسعه یافت. VIKOR مخفف یک عبارت صربستانی به معنی "راه حل توافقی و بهینه‌سازی چند معیاره" است. اساس و پایه روش VIKOR بر برنامه ریزی توافقی مسائل چند معیاره استوار است. یکی از مهمترین قابلیت‌های روش VIKOR، توانایی ارزیابی معیارهای نامناسب و ناسازگار می باشد. روش VIKOR در شرایطی که فرد تصمیم گیرنده قادر به تشخیص و بیان برتری‌های یک مساله در زمان

که در رابطه (۶)، S^* و S^- به ترتیب مقادیر حداقل و حداکثر شاخص S هستند. همچنین پارامتر ν به توافق تصمیم گیرندگان بستگی دارد. در صورت توافق با حداکثریت آراء، مقدار $0/5$ برای آن انتخاب خواهد شد. مقادیر Q محاسبه شده برای گزینه های مختلف در جدول ۶ درج گردیده است.

جدول (۶) مقادیر شاخص Q

0/93	Q1	K8
0/68	Q2	K10
0/54	Q3	K11
0/83	Q4	K17
.	Q5	K19
1	Q6	K20

۷- تعیین گزینه برتر براساس شاخص های S، R و Q

در نهایت پس از محاسبه شاخص های ذکر شده برای گزینه ها و پس از مرتب سازی شاخص های از مقادیر کم به زیاد، گزینه برتر جهت مکانیزاسیون انتخاب خواهد شد. مقادیر مرتب شده شاخص های مختلف در جدول ۷ ذکر گردیده است. گزینه برتر براساس دو شرط زیر انتخاب می شود و در صورتی که شرط اول برقرار نباشد، مجموعه-ای از گزینه ها به عنوان گزینه های برتر معرفی خواهند شد. شرط اول) اگر A_i و A_{i+1} اولین و دومین گزینه برتر باشند و n بیانگر تعداد گزینه ها باشد، همواره باید رابطه ν برقرار باشد.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{n-1} \quad (7)$$

شرط دوم) گزینه A_i باید حداقل در یکی از گروه های R و S به عنوان گزینه برتر شناخته شود.

جدول (۷) رده بندی گزینه ها براساس معیارها

شاخص S	شاخص R	شاخص Q
0/74	R5	Q5
0/82	R3	Q3
1/10	R2	Q2
1/39	R4	Q4
1/60	R1	Q1
1/73	R6	Q6

همانطور که در جدول ۷ نشان داده شده است، گزینه A5 یا K19 به عنوان گزینه برتر در هر ۳ شاخص انتخاب شده است و همچنین میزان اختلاف $Q(A_3) - Q(A_5) = 0.54$ که از مقدار $\frac{1}{n-1} = 0.2$ بیشتر است. پس می توان کارگاه K19 را به عنوان بهترین گزینه برای مکانیزاسیون انتخاب کرد.

نتیجه گیری

۴- تعیین مقادیر بهترین و بدترین برحسب سازگاری معیارها

در این بخش براساس سازگاری و عدم سازگاری معیارهای موجود در مساله، بهترین و بدترین مقادیر برای هر یک از معیارها مشخص می-شوند. بهترین و بدترین مقدار برای معیارهای سازگار (مثبت) به ترتیب عبارت است از بیشترین و کمترین مقدار آن معیار و برای منفی عکس حالت قبل خواهد بود. بهترین و بدترین مقدار برای هر معیار در جدول ۴ نشان داده شده است. در جدول ۴، f_j^* و f_j^- به ترتیب بهترین و بدترین مقدار برای معیار ز هستند.

جدول (۴) بهترین و بدترین مقدار معیارهای مختلف

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
f_j^*	0/35	0/54	0/75	0/61	0/26	0/65
f_j^-	0/45	0/30	0/12	0/20	0/51	0/22

۵- محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تاسف (R)

پس از تعیین مقادیر f_j^* و f_j^- برای معیار z_j مقدار سودمندی و مقدار تاسف با توجه به روابط ۴ و ۵ محاسبه خواهند شد. مقادیر سودمندی و تاسف براساس معیارهای موجود و برای گزینه نام محاسبه خواهند شد.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (4)$$

$$R_i = \text{Max} \left\{ w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right\} \quad (5)$$

که در روابط ۴ و ۵، w_j وزن معیار z_j است. مقادیر سودمندی و تاسف بدست آمده برای هر یک از گزینه ها در جدول ۵ ذکر شده اند.

جدول (۵) مقادیر سودمندی و تاسف برای گزینه های مختلف

گزینه ها	شاخص سودمندی	شاخص تاسف
K8	S1	R1
K10	S2	R2
K11	S3	R3
K17	S4	R4
K19	S5	R5
K20	S6	R6

۶- محاسبه شاخص Q

در ادامه براساس شاخص های سودمندی و تاسف محاسبه شده برای هر گزینه، مقدار شاخص Q برای معیارها محاسبه خواهد شد. شاخص Q با استفاده از رابطه ۶ محاسبه خواهد شد.

$$Q_i = \nu \left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1 - \nu) \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right] \quad (6)$$

- [3] Hosseini, S. A., Ataei, M., Hosseini, S. M., Akhiani, M. "Application of fuzzy logic for determining of coal mine mechanization", Journal Of Coal Science & Engineering , Vol 18, No 3, p 225-231, 2012
- [4] Ataei, M., Khalokakaei, R., Hossieni, M., "Determination of coal mine mechanization using fuzzy logic", Mining Science and Technology ,Vol 19 , pp 0149–0154, 2009
- [5] Hattingh, T. S., Sheer, T.J., Du Plessis, A.G., "Human factors in mine mechanization", The 4th International Platinum Conference, Platinum in transition 'Boom or Bust', The Southern African Institute of Mining and Metallurgy., 2010
- [6] قادرزاد، صالح، لدهگانی دزکی، سعید، رجعتی، محمد حسن، "ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه های زغال و اولویت بندی آن‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: معدن زغال سنگ طزره)"، سومین کنفرانس زغال سنگ ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۵
- [7] عطایی، محمد، "معدنکاری زیرزمینی" جلد اول، ویرایش دوم، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۰
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/Mechanization>
- [9] دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، "طرح اکتشاف و تجهیز معادن زغال سنگ"، شاهرود، البرز شرقی، ۱۳۸۰
- [10] Saaty, T. L., "Decision making with the analytic hierarchy process", Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1., 2008
- [11] عطایی، محمد؛ ۱۳۹۳؛ "تصمیم گیری چند معیاره"، ویرایش اول، چاپ دوم، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- افزایش نرخ تولید، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها همراه با حفظ ایمنی از جمله مهم‌ترین اهداف در معدنکاری به ویژه در معدنکاری زیرزمینی می‌باشند. مکانیزاسیون کارگاه‌های استخراج یکی از راه‌های دستیابی به این اهداف می‌باشد. علاوه بر مباحث مدیریتی، پارامترهای مختلفی بر قابلیت مکانیزاسیون کارگاه‌های استخراج زغال سنگ تاثیرگذار هستند. شیب و ضخامت لایه، شرایط سنگ سقف و کف، میزان جریان آب ورودی در جبهه کار به داخل کارگاه و همچنین گسترش لایه از جمله مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر قابلیت مکانیزاسیون کارگاه‌های استخراج زغال سنگ هستند. در این تحقیق با استفاده از روش های تصمیم‌گیری چند معیاره، بهترین گزینه از بین کارگاه‌های استخراج زغال سنگ معدن طزره جهت مکانیزاسیون انتخاب شد. از این‌رو، ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و با توجه به نظر نویسندگان درجه اهمیت پارامترهای تاثیرگذار بر قابلیت مکانیزاسیون محاسبه شدند. در ادامه با استفاده از روش VIKOR و براساس اطلاعات موجود، بهترین کارگاه جهت مکانیزاسیون انتخاب شد. براساس رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره توسعه یافته برای مساله انتخاب کارگاه مناسب جهت مکانیزاسیون، لایه K19 به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب شد. لازم به ذکر است که لایه K19 تنها براساس مشخصات فنی کارگاه به عنوان پتانسیل برتر انتخاب شده است و در فرایند تصمیم‌گیری ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته نشده است.

مراجع

- [۱] حسینی، سید مهدی، میکائیل، رضا، حسینی، سید علی- اکبر، عطایی، محمد، "ارائه یک اندیس جدید به منظور ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه های زغالی معدن زغال سنگ طزره"، فصل نامه زمین شناسی کاربردی، سال هشتم، شماره ۱، صفحه ۱۹ تا ۲۵، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، ۱۳۹۱
- [2] Hosseini, Seyed Mehdi., Mikaeil, Reza., Ataei, Mohammad., Khalokakei, Reza., Akhyani, Masoud., "Development a new classification for assessing the coal mine mechanization", Arch. Min. Sci., Vol. 58, No 1, p. 217–226, 2013

بررسی زمین شناسی و ویژگی‌های شیمیایی ذخایر سیلیسی منطقه قاضی آباد (جنوب زنجان)

مهدی پور اسماعیلی^۱، سهند نوری^۲، آرش ثبوتی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی گروه معدن، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه زنجان (mpouresmaeli@gmail.com)

^۲ کارشناسی ارشد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه (sahandnouri@gmail.com)

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (arash.sobouti@aut.ac.ir)

چکیده

ذخایر سیلیسی منطقه قاضی آباد در فاصله هوایی حدود ۲۵ کیلومتری جنوب شهر زنجان واقع شده است. این منطقه بخشی از گوشه جنوب خاوری نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زنجان را شامل می‌شود. این منطقه متشکل از واحدهای سنگی پرکامبرین، کامبرین، پرمین، ژوراسیک و ائوسن می‌باشد. مهم‌ترین واحد سنگی این منطقه عبارت از لایه‌های مربوط به ماسه‌سنگ‌های کوارتزی قاعده سازند میلا است که ماده معدنی مورد نظر را شامل می‌شود. این واحد با یک روند شمال‌باختر - جنوب‌خاور و شیب به سمت جنوب‌باختر گسترش یافته است. لایه‌های ماسه‌سنگ کوارتزی در نتیجه عملکرد گسل‌های مختلف، جابجائی‌ها قابل توجهی را نشان می‌دهند. رخنمون طولی این لایه در برخی نقاط بیش از یک کیلومتر بوده و ضخامت متوسط آن بین ۲۰-۱۵ متر می‌باشد. نتایج آنالیز نمونه‌ها بیانگر محتوی ۹۸/۸ - ۹۷/۵ درصد برای SiO₂ می‌باشد. ویژگی این لایه‌ها، محتوای بسیار پایین MgO، Fe₂O₃ و CaO است. این نتایج نشان می‌دهد که ذخایر سیلیسی موجود در این منطقه را می‌توان در زمره ذخایر سیلیسی با کیفیت درجه یک در نظر گرفت.

واژه های کلیدی

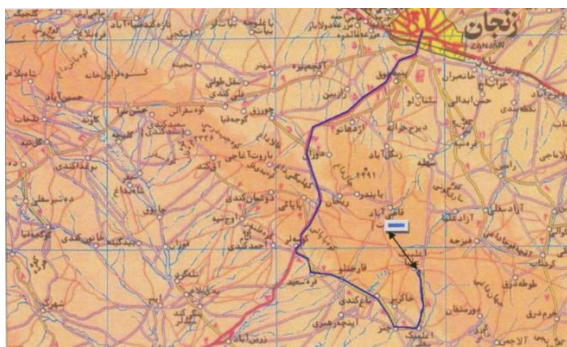
سیلیس، ویژگی شیمیایی، قاضی آباد، زنجان

مقدمه

منطقه مورد مطالعه که در این نوشتار با عنوان سیلیس قاضی آباد معرفی می‌شود، در فاصله هوایی حدود ۲۵ کیلومتری جنوب شهر زنجان واقع شده است (شکل ۱). جهت دسترسی به این منطقه، از زنجان و با استفاده از جاده زنجان بیجار، پس از طی حدود ۲۲ کیلومتر تا روستای کوسه لر و از محل راهدارخانه پاپایی، جاده دسترسی به روستاهای اغلبیک علیا و سفلی را در پیش می‌گیریم. با طی حدود ۲۳ کیلومتر دیگر و پس از عبور از روستاهای قره سعید، قارخوتلو، اینچه رهبری، چتر و اغلبیک سفلی به روستای اغلبیک علیا دستیابی می‌گردد. کل مسیر تا روستای مذکور آسفالتی بوده و از این روستا تا محل رخنمون‌های ماده معدنی (سیلیس) حدود ۵ کیلومتر راه خاکی بین مزارع است.

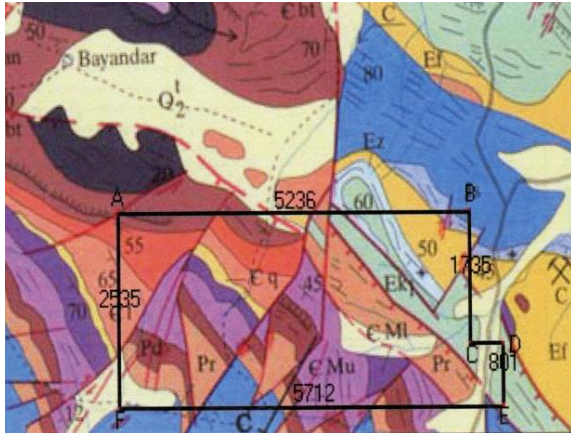
نام سیلیس (Silicon) از واژه لاتین Silicis به معنی سنگ سخت، Flint یا سنگ آتش‌زنه یا سنگ چخماق گرفته شده است. سیلیس به عنوان دومین عنصر فراوان پسته زمین است. اکسید سیلیسیم (SiO₂) یا سیلیس ترکیبی شیمیایی است که به صورت خالص (کانی‌های کوارتز، کلسدوئن، اپال و ...) و یا به صورت ترکیب در کانی‌های سیلیکاته، در مجموع ۹۰ درصد پسته جامد زمین را تشکیل می‌-

دهند. سیلیس جزء اصلی ماسه‌سنگ و ماسه سیلیسی، کوارتز و کوارتزیت، بلور کریستال، تریپلی و نوکولیت، سیلیس مصنوعی و سیلیکون شیمیایی، کانی‌های رسی، گرانیت، چرت و دیاتومیت می‌باشد. واژه سیلیس برای کلیه کانی‌هایی به کار برده می‌شود که دارای SiO₂ می‌باشند حتی اگر از نقطه نظر بلوری، شرایط فیزیکی و شرایط زمین‌شناسی با هم متفاوت باشند. این کانی‌ها در شرایط متفاوت زمین‌شناسی تشکیل می‌شوند. سیلیس خالص، بی‌رنگ تا سفید رنگ است. کوارتز (در کوهی) به فرمول SiO₂ شبکه پیوسته‌ای دارد که در آن هر اتم سیلیسیم با چهار اتم اکسیژن احاطه شده است.



شکل (۲) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی به آن.

را نشان می دهد. در بخش های شمالی منطقه مورد مطالعه، بخش های زیرین سازند کرج با یک قاعده کنگلومرایی هم ارز کنگلومرای فجن، بطور دگر شیب بر روی نهشته های کهن تر جای گرفته است.



شکل (۲) موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

زنگان [۲].

کانی سازی سیلیس در منطقه مورد مطالعه

همچنانکه در مبحث زمین شناسی گفته شد، منطقه مورد مطالعه دربرگیرنده بخش هایی از واحد کوارتزیتی قاعده ای میلا (که در گذشته با کوارتزیت رأسی معروف بود) می باشد که به صورت لایه ماسه سنگ کوارتزیتی سفید تا سفید خاکستری تشکیل شده است (شکل ۳). در برخی نقاط، دلیلی آغستگی ضعیف با هیدروکسیدهای آهن، رنگ این واحد به سمت قرمز گرایش پیدا می کند. لایه های مربوط به ماسه سنگ کوارتزیتی دارای روند شمال باختر- جنوب خاور بوده و عمدتاً شیب بین ۷۵-۵۰ درجه به سمت جنوب باختر را نشان می دهند. ضخامت لایه های مزبور در بخش های مختلف منطقه متفاوت بوده و بطور متوسط در بین ۲۰-۱۵ متر می باشد (شکل ۳). لازم به توضیح است که بدلیل عملکرد گسل های متعدد با راستای شمال-خاور- جنوب باختر، جابجائی های بزرگی در واحد ماسه سنگ کوارتزیتی قابل ایجاد شده است. رخنمون طولی واحدهای مزبور گاه به بیش از یک کیلومتر می رسد [۳].

نتایج مطالعات پتروگرافی حاکی از اینست که این سنگ ها متشکل از بلورهای کوارتز و آلکالی فلدسپار بوده و قطعات چرتی به همراه مقادیری موسکویت (سرسیت) دیگر کانی های این سنگ ها هستند (شکل ۴). مقادیر بسیار جزئی زیرکن و گاه کانی های کدر نیز در این نمونه ها مشاهده می شوند (شکل ۴). بلورهای کوارتز و آلکالی فلدسپار بصورت بلورهای نسبتاً گردشده تا زاویه دار بوده و ابعاد آنها کمتر از یک میلی متر می باشد. بلورهای کوچک کوارتز فضای بین بلورهای درشت تر را پر کرده است. کانی های موجود در این سنگ ها از گردشگی ضعیف برخوردار بوده ولی دارای جورشدگی نسبتاً خوبی هستند. در مجموع می توان گفت که این سنگ ها از مچوریتی نسبتاً بالایی برخوردار هستند. مطالعات میکروسکوپی بیانگر اینست که این

سیلیس در صنایع مختلفی نظیر شیشه سازی، صنایع چینی و سرامیک، ریخته گری و ... مصرف می شود. سیلیس مصرفی در هر یک از این صنایع باید کیفیت خاصی داشته باشد. ترکیب شیمیایی، ساختمان کانی شناسی و خواص فیزیکی سیلیس، تعیین کننده کیفیت و موارد مصرف آن در هر یک از صنایع یاد شده می باشد. ترکیب شیمیایی سیلیس در واقع عبارت است از درصد SiO_2 موجود در سنگ و نیز درصد هر یک از اکسیدهای دیگر که معمولاً به همراه SiO_2 وجود دارند. در صورتی که درصد هر یک از اکسیدهای همراه از حدود معینی تجاوز نماید، کاربرد آن را در صنایع مختلف محدود و یا غیر ممکن میسازد.

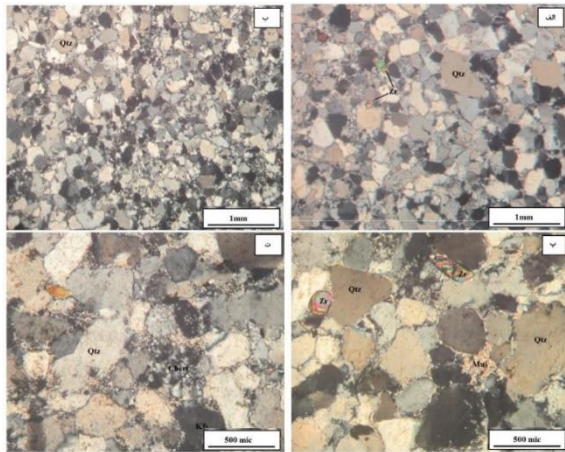
در صورتی که سیلیس درصد بالایی از سنگ ها را تشکیل دهد، کانسارهای سیلیس تشکیل می شوند. کانسارهای تشکیل شده از تجمع ثانویه سیلیس و یا در اثر فرآیند دگرگونی (رگه های سیلیسی موجود در سازندهای دگرگونی)، هوازگی، جابجایی و تجمع به وسیله باد و یا آب رودخانه ها، دارای حجم قابل توجهی بوده و از اهمیت بالایی برخوردارند. گاهی در طبیعت، لایه هایی از سیلیس آلی به صورت رادیولاریت، فتانیت، اسپونگولیت و دیاتومیت به وجود می آیند که از انباشته شدن قطعات اسکلت سیلیسی جانوران ریز دریایی ایجاد می - شوند. از نظر کانی شناسی، جنس این مواد اکثراً کریستوبالیت و اپال است.

زمین شناسی

منطقه مورد بررسی بر اساس تقسیم بندی های ساختاری- زمین شناسی در پهنه ایران مرکزی [۱] جای گرفته است. منطقه مورد مطالعه بخش کوچکی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زنگان [۲] را در بخش های جنوب خاوری آن بخود اختصاص می دهد (شکل ۲). واحدهای زمین شناسی موجود در محدوده مورد مطالعه شامل انواع سنگ های مربوط به کامبرین، پرمین، ژوراسیک و ائوسن می باشد. قدیمی ترین واحد سنگی عبارت از سازند لالون می باشد که با یک مرز عادی (شاید تدریجی) بر روی واحد شیلی سازند زایگون قرار گرفته و متشکل از لایه های متوسط تا نازک از یک ماسه سنگ صورتی تا بنفش می باشد [۳]. بر روی واحد مزبور، افقی از یک ماسه سنگ کوارتزیتی قرار دارد که ماده معدنی موضوع پژوهش حاضر را شامل می شود. این واحد که پیشتر با عنوان کوارتزیت رأسی معروف بود، امروزه با عنوان کوارتزیت قاعده میلا در نظر گرفته می شود. این واحد در سرتاسر رشته کوه سلطانیه، گسترش زیادی دارد و در مناطق متعددی مورد بهره برداری قرار می گیرد. بر روی واحد ماسه سنگ کوارتزیتی یاد شده، نهشته های کربناته مربوط به سازند میلا با مرز عادی قرار گرفته است. نهشته های مربوط به اردوئوسین، سیلورین، دونین و کربنیفر در محدوده منطقه مورد مطالعه رخنمون نداشته و نهشته های مربوط به پرمین بر روی نهشته های کربناته سازند میلا جای گرفته و در برگیرنده یک بخش ماسه سنگی در زیر (سازند درود) و یک واحد آهکی در بالا (سازند روته) است. از نظر اختصاصات سنگ چینه ی، همسان واحد آهکی سازند روته در البرز بوده و براساس فسیل های بدست آمده از آن [۲]، زمان پرمین بالایی

مقالات پژوهشی

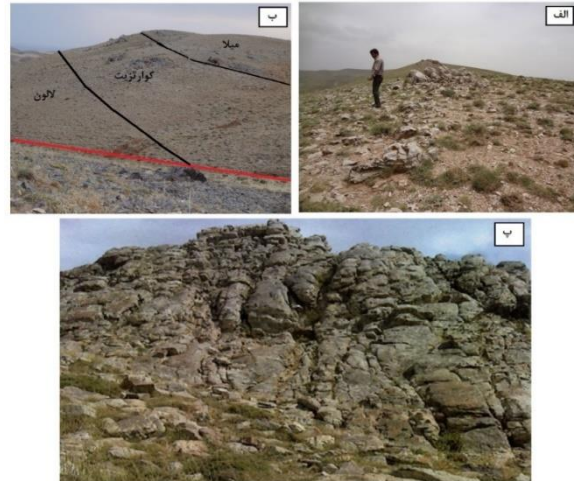
ناخالص‌های موجود، تعداد ۴ نمونه پس از شستشو و عبور از سرنده ۸۵۰، مورد آزمایش XRF قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل (۵) تصاویری از مقاطع کانی ها و ساخت و بافت موجود در واحد ماسه سنگ کوارتزیتی مورد مطالعه. Qtz: کوارتز، Kfs: آلکالی فلدسپار، Zr: زیرکن، Mus: موسکویت.

نتایج بیانگر افزایش محتوای SiO₂ بوده و محتوای آن در نمونه‌های مزبور بین ۹۸/۹۶ - ۹۸/۳ در نوسان است. همچنین، محتوای Fe₂O₃ نیز به مقدار قابل توجهی کاهش نشان می‌دهد و محتوای آن در این نمونه‌ها بین ۰/۱۵ - ۰/۰۷ تغییر می‌کند (جدول ۲).

لایه‌ها در یک محیط کم عمق دریایی (ساحلی) تا رودخانه‌ای تشکیل شده‌اند.



شکل (۴) الف- نمایی از واحد ماسه سنگ کوارتزیتی (دید به جنوب باختر). ب- نمایی از موقعیت واحد ماسه سنگ کوارتزیتی قاعده ای بر روی سازند لالون و زیر دولومیت های میلا (دی به جنوب باختر). پ نمایی نزدیک از سطح لایه ماسه سنگ کوارتزیتی (دید به شمال خاور).

نتایج آنالیز ۶ نمونه برداشت شده از لایه‌های کوارتزیتی منطقه مورد مطالعه به روش XRF بیانگر محتوای ۹۸/۸ - ۹۷/۵ درصد برای SiO₂ می‌باشد (جدول ۱). ویژگی این لایه‌ها، محتوای پایین MgO بین ۰/۱۳ - ۰/۰۶ درصد، Fe₂O₃ بین ۰/۲۱ - ۰/۰۵ درصد و CaO بین ۰/۳۳ - ۰/۰۳ درصد می‌باشد (جدول ۱). به منظور ارزیابی کاهش

جدول (۱) نتایج آنالیز XRF نمونه‌های برداشت‌شده از رخنمون سیلیس در محدوده قاضی آباد.

S.N	SiO ₂	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃	L.O.I
1	۹۸/۴۳۲	۰/۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۴۴	۰/۰۵	۰/۰۷۱	۰/۸۵	۰/۳۳
2	۹۸/۵۳۳	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۰۶۵	۰/۱۷	۰/۰۳۲	۰/۶۱	۰/۴۲
3	۹۸/۲۲۲	۰/۱۴	۰/۰۰۹	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۰۲۹	۱	۰/۲۷
4	۹۸/۷۱۱	۰/۱۳	۰/۰۰۶۲	۰/۱	۰/۰۵۸	۰/۰۵۴	۰/۵۴	۰/۴
5	۹۷/۴۷	۰/۱۴۴	۰/۰۹۶	۰/۳۱۵	۰/۰۸۱	۰/۳۱۴	۱/۲۳	۰/۳۵
6	۹۷/۹۳۱	۰/۰۴۸	۰/۱۳	۰/۲۶۷	۰/۱۶۴	۰/۳۳	۰/۹۳	۰/۲

جدول (۲) نتایج آنالیز XRF نمونه‌های رخنمون سیلیس در محدوده قاضی آباد پس از شستشو و عبور از سرنده ۸۵۰ از رخنمون.

S.N	SiO ₂	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃	L.O.I
1	۹۸/۸۴۳	۰/۱۱۳	۰/۰۰۹	۰/۰۶۶	۰/۰۷۲	۰/۰۳۲	۰/۶۲	۰/۲۴
2	۹۸/۹۶۴	۰/۰۹۲	۰/۰۰۶۴	۰/۰۳۷	۰/۱۵۶	۰/۰۲	۰/۵۳	۰/۲۵
3	۹۸/۲۹۸	۰/۱۸	۰/۰۱۱	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۰۴۱	۰/۷۸	۰/۴۳
4	۹۸/۹۶۵	۰/۰۷۸	۰/۰۰۴	۰/۰۴۳	۰/۰۶۹	۰/۰۵۱	۰/۵۳	۰/۲۶

نتیجه گیری

واحد ماسه سنگ کوارتزیتی قاعده ای میلا در منطقه اغلبیک و مناطق همجوار از ضخامت و گسترش طولی قابل توجهی برخوردار بوده و ذخایر باارزشی از سیلیس در این منطقه نهفته است. با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیز نمونه ها، محتوای SiO_2 بیشتر از ۹۷/۵ درصد بوده و لذا نوع سیلیس موجود در این منطقه را می توان در زمره ذخایر سیلیسی با کیفیت درجه یک در نظر گرفت. بر این اساس، تأسیس واحدهای صنعتی مصرف کننده این ماده معدنی در استان زنجان می تواند به توسعه فعالیت معدنی استان و همچنین اشتغال کمک شایانی نماید.

مراجع

- [۱] آقائباتی، س.ع.، - زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۱۳۸۳.
- [۲] باباخانی، ع.ر. و صادقی، خ.، - نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زنجان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۱۳۸۳.
- [۳] جلیلی انگورانی، م.، - گزارش پایان عملیات اکتشاف سیلیس اغلبیک علیا. سازمان صنعت، معدن و تجارت استان زنجان. ۱۳۹۳.

مقدمه ای بر مهندسی ریزش سنگ (Rockfall Engineering)

فرید اسدی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - انستیتو پلی تکنیک گرنوبل - دانشگاه گرنوبل آلپ - فرانسه
(farid.asadi@etu.univ-grenoble-alpes.fr)

چکیده

پدیده ریزش سنگ یا Rockfall پدیده ای طبیعی است که طی آن سنگ های نواحی مرتفع تر شروع به حرکت نموده و به سمت پایین دست شیب حرکت میکنند. این پدیده بیشتر در مناطق کوهستانی با پوشش گیاهی کم دیدی می شود و میتواند برای جاده ها و افراد پایین دشت شیب مشکل زا و خطر آفرین باشد. در این مقاله در ابتدا به تعریف و کلیات مهندسی ریزش سنگ پرداخته میشود و سپس به بیان تاریخچه آن اشاره خواهد شد. همچنین در این مقاله به بیان نکاتی کاربردی در جهت آشنایی تکنیکی بیشتر با این پدیده و روش های طراحی ابتدایی برای مقابله با این پدیده طبیعی پرداخته شده است.

واژه های کلیدی:

مهندسی ریزش سنگ، مهندسی شیب، روش های عددی

بررسی پژوهش های انجام شده در خصوص Rockfall

در ایران

به صورت آکادمیک و بومی، مطالعات مهندسی ریزش سنگ، سابقه چندانی ندارد. هرچند که از مطالعات کاربردی و موردی شرکت های مهندسی مشاور، به دلیل فقدان بانک اطلاعاتی جامع، اطلاعی در دست نیست، اما در بخش مقاله های فارسی، با مراجعه به وب سایت سیویلیکا، می توان دریافت که قدیمی ترین مقاله درباره این موضوع مربوط به سال ۱۳۸۲ و مربوط به مورد مطالعاتی شیروانی مشرف به ساخت گاه کارخانه فرآوری معدن روباز مس سونگون بوده است.

در مقاله ذکر شده، ابتدا به بررسی زمین شناسی منطقه ذکر شده پرداخت شده و سپس با توجه به اندازه بلوک ها و شیب منطقه، شیروانی زون بندی شده است. با توجه به پارامتر های مختلف و ویژگی های هر زون، سیستم محافظتی خاصی برای هر منطقه پیشنهاد شده بود. به این ترتیب، نتیجه گرفته شد که برای مناطقی با بلوک های کوچک (کمتر از ۵۸۴ کیلوگرم)، نصب فنس های ضربه گیر در محل برش کوه می تواند جلوی ریزش این تیپ بلوک ها را بگیرد. در زون هایی با بلوک های سنگی متوسط (بین ۵۸۳ کیلوگرم تا ۷۴۰۰ کیلوگرم) عملیات لقی گیری، جهت جلوگیری از سقوط

مقدمه

خبر غم انگیز بود و تکان دهنده، خبری کوتاه در ۵ دی ماه ۱۳۹۵، به گزارش خبرگزاری ها: "متأسفانه ریزش کوه و پرتاب شدن سنگی به وزن ۴۰۰ کیلوگرم از کوه، باعث کشته شدن یک خانواده در جاده چالوس شد."

پدیده ذکر شده، سنگ ریزش و یا ریزش سنگ (به انگلیسی: Rockfall) است که طی آن قطعه ای سنگ که بر اثر لغزش، واژگونی، یا سقوط از قطعه ای اصلی جدا شده و از یک شیب سقوط می کند و یا با جهیدن و پریدن از سرازیری پایین می آید یا بر روی توده سنگ ریزه های پای صخره می غلتد و با سرعت، وارد فضای پایین دست شیب میشود.

آیا ما به عنوان یک مهندس، اطلاع کافی و دانش مکفی درباره این پدیده ی مهم و خطرناک طبیعی داریم؟

در ادامه ی این مقاله، سعی شده است یک دید کلی از این پدیده ی طبیعی که از چالش های مهم و مهندسی زمین است، داده شود. با توجه به لزوم بررسی کار های گذشته و نیز دادن دیدی کلی از تاریخ مطالعات در خصوص مهندسی ریزش سنگ، ابتدای این مقاله، به دو قسمت بررسی این مطالعات در داخل و خارج از ایران تقسیم می شود.

سنگ ها، کافی ارزیابی شد. و در نهایت، زون هایی با حضور بلوک های بزرگ (بیش از ۷۴۰۰ کیلوگرم) پایدار ارزیابی شدند و نیازی به ایجاد سازه های نگهدارنده نبود [۱].

در مقاله ذکر شده، به علت فقدان نرم افزار های قوی شبیه سازی (با توجه به سال انتشار)، در مقایسه با حال، امکان ارزیابی دقت طراحی سیستم های پیشگیری و مهار ریزش سنگ، به صورت دقیق و کمی نبوده است. سال بعد، مطالعات همین محدوده، با استفاده از نرم افزار های Dips، Swedge و Clara انجام شد، تا با استفاده از تصاویر استریوگرافیک حاصل و ترکیب آن با معادلات حدی پایداری شیب این شیروانی محاسبه گردد. در نهایت با محاسبه ی ضریب ایمنی این محدوده، این شیروانی مستعد ریزش دایروی ارزیابی شد [۲].

بررسی پژوهش های انجام شده در خصوص Rockfall در خارج از کشور

پدیده ریزش سنگ در بسیاری از نقاط جهان باعث خسارت به سازه های مناطق واقع در پای شیب و یا حتی روی شیب می شود. در مناطقی که از لحاظ زمین شناسی فعال محسوب می شوند، مانند ژاپن و مناطقی از استرالیا و نیوزیلند، به دلیل وجود مناطق گسل دار و حرکات تکتونیکی، این پدیده شکل جدی تری به خود می گیرد. در برخی کشور ها نیز، سازه های بسیار گران قیمت و مهم بر روی شیب ها و دامنه کوه ها بنا شده است، که علی رغم احتمال کمتر، اما خسارت احتمالی زیاد، این مطالعات به صورت گسترده دنبال شده است. در این راستا، به علت گستردگی مطالعات، در این مقاله، به طور مختصر، این مطالعات به سه دسته تقسیم می شوند:

۱. مطالعات و مبانی نظری شبیه سازی های روش المان مجزا (Discrete Element Method) و کاربرد آن در شبیه سازی ریزش سنگ به صورت ۳ بعدی

۲. کد دهی و مدل سازی Barriers و دیوار های گابیونی برای سنجش میزان کارایی و بازدهی آن ها

۳. بررسی کلی برخورد طراحی شده ی یک بلوک مدل، با سازه های نگهدارنده قابل انعطاف

مطالعات و مبانی نظری شبیه سازی های روش المان مجزا (Discrete Element Method) و کاربرد آن در شبیه سازی ریزش سنگ به صورت ۳ بعدی

روش DEM در سال ۱۹۷۱ میلادی توسط دکتر پیتر کاندال^۱ در امپریال کالج لندن ابداع شد و سپس در لابراتوار های نرم افزاری شرکت ITASCA در مینه سوتا توسعه پیدا کرد [۳]. حاصل این

توسعه کدنویسی، پایه برنامه PFC شد. این نوع مطالعات از سال ۲۰۰۰ تا به حال متداول شده است و به علت دقت بالا و سرعت مناسب تحلیل از محبوبیت زیادی در میان مهندسان ژئوتکنیک برخوردار است. از کاربردهای آن در دهه های اخیر می توان به مقالات اخیر چاپ شده در خصوص شبیه سازی ریزش سنگ و طراحی تجربی سیستم پرده ای ۲ جهت کاهش احتمال شروع یک سلسله ریزش سنگ اشاره کرد. در سال ۲۰۱۴ میلادی مطالعه ای مفصل مبتنی بر این تکنیک انجام شد. در پژوهش ذکر شده نیز، سعی شده است تا با ایده گرفتن از این مطالعات از روش DEM به طور بهینه استفاده شود و نیز به عنوان نکته اساسی پژوهش ذکر شده، ژئومتری و عوامل تاثیر گذار، تا حد امکان، دقیق مدل شوند. در ادامه مطالعه ذکر شده، خواص مواد با توجه فرضیات به مدل DEM به صورت گوی های صلب کوچک در نظر گرفته شدند، شیب به صورت اجزای مثلثی و سیستم های پرده ای به صورت المان های صلب مستقل مدل شدند که دقت این روش و نظریه با آزمایشات واقعی مقایسه شد. در نهایت، پس از بررسی، صحت و دقت این نظریه در شبیه سازی سرعت، مسیر و میران انرژی برخورد سقوط بلوک های سنگی بر روی شیروانی ها، چه با سیستم های نگهدارنده و چه بدون آنها، اثبات شد [۴].

کددهی و مدل سازی Barriers و دیوار های گابیونی برای سنجش میزان کارایی و بازدهی آن ها

کد های تعیین مسیر سقوط سنگ، بیشتر برای تخمین و منطقه بندی خطر ریزش سنگ با کمک نقشه های به دست آمده از نقشه برداری های سر زمین ۳ استفاده می شوند. همچنین، این نوع کد ها می توانند در پیش بینی میزان کاهش خسارت سقوط، ناشی از ساخت سازه های نگهدارنده، مانند فنس ها و یا دیوار های گابیونی مورد استفاده قرار گیرند [۵].

پژوهش ذکر شده، در ادامه، همانند مطالعه قبل، دقت این کد ها را با آزمایشات واقعی مقایسه کرده و آن را کاربردی و تا حدودی دقیق ارزیابی کرد. مقدار کمی انحراف از طراحی ها، در نزدیکی دیوار های گابیونی مشاهده شد که ناشی از دو علت عدم نقشه برداری با دقت کافی و نا دیده گرفتن مدل بازجهش ۴ سنگ بود.

از این مطالعات، در گام نخست، برای طراحی ابعاد دیوار های گابیونی استفاده می شود. در گام بعد، پس از طراحی این سازه ها، این کد ها برای ارزیابی بازدهی دیوار های گابیونی کاربرد دارند. در نهایت، در این مطالعه، با توسعه کد ها، میزان دقت این روش را تا حد زیادی افزایش داده شده است [۶].

^۱ Drapery System

^۲ Field Planning

^۴ Rebound Model

^۱ Peter Cundall

برخورد مداوم با سطح شیب، می شکند و به تکه های کوچکتر تقسیم می شود که تقسیم بلوک های سنگی بزرگ به قطعات کوچکتر، باعث کاهش قابل توجه انرژی جنبشی ضربه می شود. سرعت سقوط سنگ نیز به عوامل متعددی همچون زاویه شیب، ارتفاع اولیه سنگ بر روی شیب و اصطکاک بین بلوک سنگ و سطح شیب وابسته است. به طور کلی این سرعت از رابطه زیر محاسبه می شود [۸].

$$V = \left[2gH \left(1 - \frac{\mu'}{\tan \psi_s} \right) \right]^{0.5} \quad (2)$$

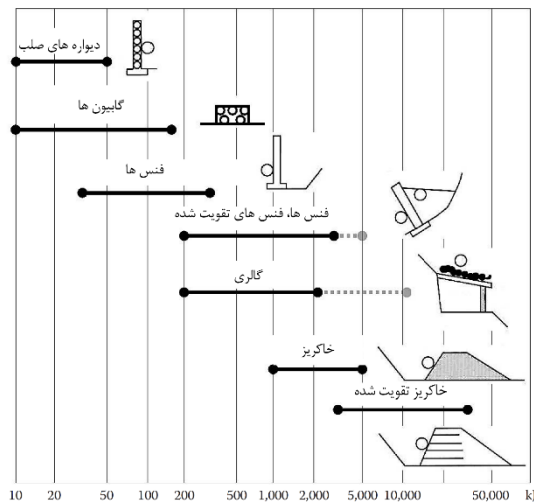
که در آن:

G شتاب گرانش

H ارتفاع شیب

μ' ضریب اصطکاک بین بلوک سنگ و سطح شیب

به طور کلی، انتخاب سیستم های حفاظتی بر اساس انرژی برخورد، توسط نمودار زیر بیان شده است:



شکل ۱. پیشنهاد انتخاب نوع سازه نگهدارنده، با توجه به انرژی جنبشی برخورد

حال برای استفاده از رابطه ی (۲) نیاز به ضریب چسبندگی اصطکاک است (μ') هست، که این ضریب از جدول زیر به دست می آید [۸]:

جدول ۱. مقادیر اصطکاک موثر چسبنده مصالح سطوح شیبدار (μ') [۸]

بررسی کلی برخورد طراحی شده ی یک بلوک مدل با سازه های نگهدارنده قابل انعطاف

با پیشرفت شبیه سازی های عددی و افزایش استفاده از آنها در بین مهندسان معدن و ژئوتکنیک، نیاز به بررسی تبعات بعدی برخورد بلوک های سنگی به سازه های نگهدارنده، حس می شد. بنابراین، در مطالعات اخیر، این گونه برخورد ها به طور دقیق بررسی و حتی گسیختگی و پارگی شبکه فانس های Barriers مورد مطالعه قرار گرفت.

به طور کلی، سیستم های نگهدارنده قابل ارتجاع، متداول ترین نوع سیستم های حفاظتی در برابر ریزش سنگ به شمار می آیند. این سیستم ها متشکل از مجموعه ای از کابل ها و توری ها هستند و که ظرفیت آنها را با نهایت انرژی جنبشی برخورد قابل تحمل، بیان می کنند. به این انرژی، انرژی بحرانی می گویند. هرچند، مطالعات اخیر نشان داده است که این انرژی بحرانی برای حتی برای یک سازه نگهدارنده خاص هم، یکتا نیست. در واقع، با کاهش اندازه بلوک برخوردی، انرژی بحرانی نیز کاهش پیدا می کند. به این پدیده، پدیده گلوله ای می گویند [۷]. در ادامه، به جهت استفاده ی بهینه از این مقاله، دستور العمل مختصری برای انتخاب سیستم های پیشگیری و محافظت از ریزش سنگ، آورده شده است.

انتخاب سیستم های پیشگیری و محافظت از ریزش سنگ

انتخاب سیستم محافظت مناسب وابسته به سه شرط زیر است [۸]:

۱. انرژی جنبشی ضربه
۲. ژئومتری سایت
۳. ملاحظات اقتصادی و امکان سنجی

انرژی جنبشی ضربه

انرژی جنبشی ضربه را سرعت سنگ (V) و جرم سنگ (M) تعیین میکند به طوری که:

$$E_K = \frac{1}{2} MV^2 \quad (1)$$

جرم و حجم سنگ در حال سقوط ارتباط مستقیمی با درزه داری و ابعاد توده سنگ قابل تشکیل دارد. البته مقاومت سنگ نیز تاثیر به سزایی در افزایش انرژی جنبشی ضربه دارد. اگر بلوک سنگی از سنگ های سست با مقاومت فشاری کم باشد، سنگ در حین سقوط و

۱ Critical Energy

۲ Bullet Effect

ضرب کرد. به طور خلاصه، ساخت سازه های نگهدارنده گرانبه قیمت، همچون دیوارهای گابیونی تقویت شده، تنها وقتی توجیه دارند که احتمال زیادی برای ریزش در ابعاد وسیع وجود داشته باشد، و نیز، سازه های پایین دستی مانند جاده های پررفت و آمد و یا خطوط قطارهای سریع السیر بسیار حساس و آسیب پذیر باشند، [۸].

انتخاب بهینه مدل سد کننده ها (Barriers)

در انتخاب فنس ها باید دو نکته را در نظر داشت. اول، فنس انتخابی برای انجام مطالعه، متداول باشد و فنس هایی با مشخصات شبیه آن، در بازار قابل تهیه باشد. مشخصات مورد استفاده باید به دقت از قبل طراحی شده باشند و سپس در آزمایشات برنامه ریزی شده، مقدار بازدهی آن ها آزمایش شود تا مشخصات استفاده شده در شبیه سازی ها قابلیت اطمینان بیشتری پیدا کنند.

بدین منظور، شبیه سازی های زیادی برای طراحی و آزمایش مقدار بهینه مدول الاستیسیته فنس ها انجام شده است. شبیه سازی ها بدین صورت است که برخورد بلوک های مختلف سنگ را روی تعداد زیادی فنس با مش ها، ضریب سختی برشی، ضریب سختی نرمال و ضخامت سیم مختلف بررسی می شود [۷].



شکل (۲) نمایی از تجهیزات و فضای آزمایش های شبیه سازی برخورد سنگ به فنس

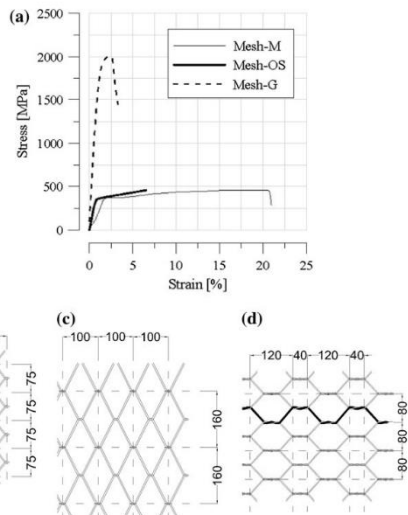
رده شیب	ویژگی های مواد سطح شیبدار	مورد استفاده برای طراحی 'A'	بازه 'A' حاصل از تست سر زمین
A	سطح سنگ صاف و قوی شیب یکنواخت، بدون پوشش درخت	۰/۰۵	۰/۰ تا ۰/۱
B	صاف تا زبر، سنگ های ضعیف با سطح زبر متوسط تا زیاد بدون پوشش درخت	۰/۱۵	۰/۱۱ تا ۰/۲
C	صاف تا زبر، سنگ های ضعیف، خاک، شن یا سنگ ریزه با زبری کم تا متوسط، بدون پوشش درخت	۰/۲۵	۰/۲۱ تا ۰/۳
D	سنگ ریزه ها با گوشه های تیز حاضر در سطح، با زبری متوسط تا بالا، بدون پوشش درخت	۰/۳۵ تقریباً ۰/۳۱	

ژئومتری سایت

در این بخش، مهمترین پارامترهای تاثیرگذار در طراحی عناصر حفاظتی، ارتفاع شیب و زاویه شیب است. همچنین، این ژئومتری شیب است که محل کارگزاری عناصر حفاظتی و ارتفاع نهایی آنها را تعیین میکند. فاصله پای شیب تا سازه ای که باید مورد محافظت قرار بگیرد، فضای ایجاد عوامل حفاظتی را تعیین می کند. به همین علت در اکثر مواقع ترجیح بر آن است که عناصر حفاظتی مانند گابیون ها و فنس ها، هم تراز جاده ها و یا مسیرهای ریلی که باید محافظت شوند، نصب شوند. زیرا هم ساخت و هم رسیدگی و نگهداری از این سازه های نگهدارنده، بسیار آسان تر می شود. اما، در مواردی که حد فاصل پای شیب تا سازه ای که باید محافظت کم است، این سازه های نگهدارنده مانند انکرها و فنس ها باید بر روی خود شیب قرار گیرند [۸].

ملاحظات های اقتصادی و امکان سنجی

هزینه ساخت سازه های نگهدارنده باید با خسارت وارد بر سازه های پایین دست شیب متناسب باشد. انتخاب سیستم ها و وسعت سازه های نگهدارنده را به همین طریق می توان مقایسه کرد، به طوری که، هزینه کلی آنها را باید با هم مقایسه کرد. این هزینه کلی شامل هزینه مستقیم ساخت عناصر نگهدارنده به علاوه هزینه های مورد انتظار ناشی از وقوع سقوط سنگ است. (شامل تاخیر در رفت و آمد جاده و یا خط آهن، صدمه به تاسیسات پایین دست و از همه مهمتر، تلفات انسانی). برای محاسبه هزینه های مورد انتظار ناشی از وقوع سقوط سنگ، باید خسارت مورد انتظار را در احتمال وقوع ریزش سنگ و وقوع خسارت،



شکل (۵) a: نمودار تنش - کرنش مش بندی ها با اشکال متفاوت. b: مش بندی کد Mesh - M. c: مش بندی کد Mesh-G. d: مش بندی کد Mesh - M. [۹]

نتیجه گیری

پدیده ناپایداری سنگ ها همواره تهدیدی جدی برای مناطق کوهستانی و به طور کلی نواحی صخره ای با شیب زیاد بوده است. مدیریت این ریسک و فائق آمدن بر آن، نیازمند تحلیل دقیق این پدیده است. این تحلیل با پیشرفت ابزار های دقیق مهندسی، چه در بعد نرم افزاری و چه در بعد سخت افزاری، ممکن شده و به دقت مهندسان در پیشگویی و طراحی نزدیک به واقعیت افزوده است. در همین راستا، در سال های اخیر پیشرفت های چشمگیری در هر دو حوزه به خصوص در زمین روش های عددی با پتانسیل محاسباتی بالا حاصل شده است و امید است با شناخت هرچه بیشتر این پدیده طبیعی، بتوان از به بار آمدن خسارات ناشی از آن، جلوگیری کرد.

مراجع

[۱] تجدیدیانفر و شهریار، ایمن سازی ساختگاه کارخانه تغلیظ معدن مس سونگون در برابر پدیده ریزش سنگ (Rockfall). ایمنی. ۱۳۸۲.

[۲] تجدیدیانفر و شهریار، تحلیل پایداری شیروانی ها با استفاده از تصاویر استریوگرافیک و معادلات تعادل.

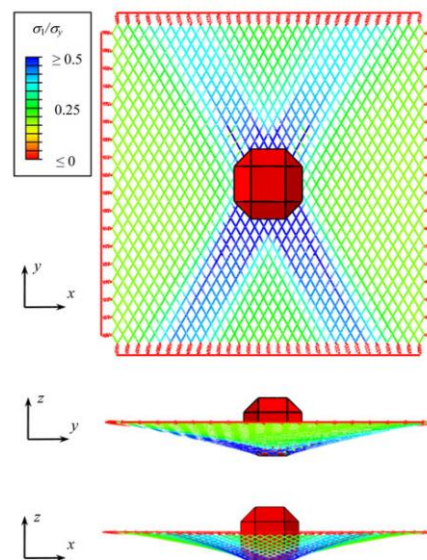
تهران، اولین کنگره ملی مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی شریف. ۱۳۸۳.

[3] ITASCA Co., *PFC3D V.5 Manual*. 1 ed. Minneapolis: ITASCA Co. 2014.



شکل (۳) پلان کلی آزمایش های شبیه سازی برخورد سنگ به فنس

این آزمایش ها، با کد های Finite Element Method در نرم افزار ABAQUS مدل شده اند. در این روش، سنگ ها به صورت مواد جامد الاستیک و سیم ها به صورت المان های صلبی که به پایه های دایروی متصل هستند، مدل شدند. ابعاد سنگ های مورد بررسی توسط دستورالعمل های آزمایش ETAG207، انتخاب شد [۷]. برخورد نیز با سرعت اولیه استاندارد، به مرکز فنس طراحی شده است.



شکل (۴) توزیع نسبت تنش های ناشی از برخورد سنگ به فنس

اتصالات کلی سیم ها به صورت زنجیر وار طراحی شد تا شکل مش ها به صورت دایموند دربیابند. لازم به ذکر است در آزمایشات قبلی به طور تجربی، اثبات شده بود که شکل دایموند بهترین شکل برای مش های مورد استفاده در فنس های Rockfall است [۹].

- [7] Hambleton, J. P., **Perforation of Flexible Rockfall Barriers by Normal Block Impact**. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, Issue 46, pp. 515-526. 2013.
- [8] Wyllie, D. C., *Rock Fall Engineering*. 1 ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC. 2015.
- [9] Buzzi, O., **Experimental Testing of Rockfall Barriers Designed for the Low Range of Impact Energy**. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, Issue 46, pp. 701-712. 2013.
- [4] Thoeni, K., **A 3D discrete element modelling approach for rockfall analysis**. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Issue 60, pp. 107-119. 2014.
- [5] Lambert, S., *Rockfall Engineering*. 1 ed. Grenoble: WILEY. 2011.
- [6] Lambert, S., **Improving three-dimensional rockfall trajectory simulation codes for assessing the efficiency of protective embankments**. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Issue 60, pp. 26-36. 2013.

معدنکاری فضایی

سالیان سال است که انسان چشم به سقف بالا سر خود دوخته چه در گذشته که خورشید و ماه و ستاره پرستی میکرد چه حالا که روز به روز بیشتر از عظمت دنیای بی کران بالای سر خود متحیر میشود. دنیای خارج از زمین انقدر بزرگ است که زمین در داخل آن هیچ است. از همین رو انسان ها از اینکه منابع سرشار زمین را به پایان ببرند ترسی ندارند و تنها به این فکر هستند تا هرچه زودتر و قبل از پایان منابع زمین به منابع بسیار عظیم و غیر قابل تصور موجود در فضا دست پیدا کنند. طبق برآورد دانشمندان فقط میزان عناصری که قابل دسترسی در کمربند میانی از سیارک ها چیزی حدود صد میلیارد دلار به ازای هر نفر میباشد و یا میزان گاز موجود در سیاره زحل برای ۲۷۵ میلیون سال زمین کافی است. از همین رو دولت های مختلف از جمله آمریکا به دنبال دسترسی بیشتر به منابع خارج از زمین هستند و در همین راستا فعالیت های بسزایی را انجام داده اند. در ایالات متحده قوانینی برای کار آفرینی در زمینه معدنکاری فضایی راتصویب کرده. حتی روش های استحصال ماده هم مورد بررسی قرار گرفته است. ناسا در ششمین نشست سالانه ماشین های معدنکاری فضایی طرح های برای استخراج مواد معدنی در فضا ارائه کرده است. حتی در برنامه این سازمان که در حال تدارک یک سفر به مریخ است تا انسان ها را به مریخ بفرستد، ساخت شهر با استفاده از استخراج در جای مواد معدنی در دستور کار قرار دارد. در این زمینه البته کشورهای دیگری هم فعالیت داشته اند که میتوان به کشور لوکزامبورگ اشاره کرد. آنچه که مشخصه انسان لاجرم باید روزی به منابع فضایی دست پیدا کند و در مسیر رفع نیازهایش اقدام کند

محمد حیدری

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر



روش‌های فرآوری تنگستن

امیر محمد وزیری

دانشجوی دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، (Amv.me@aut.ac.ir)

چکیده

فلز تنگستن به علت ویژگیهای منحصر به فرد خود، دارای مصارف متعددی در صنایع گوناگون است و به عنوان یکی از فلزات اساسی در صنایع کاربردی محسوب می‌شود. محدودیت دسترسی به منابع تنگستن با عیار بالا، موجب شده است تا علاوه بر تلاش برای دستیابی به فرآوردهایی با بازدهی بالاتر برای استحصال فلز تنگستن از کانی‌های اصلی آن (شلیت و ولفرامیت)، بازیافت قراضه‌ها و پسماندهای حاوی تنگستن بیش از هر زمان دیگری مورد توجه قرار گیرد. در این بین، هرچند فرآوردهای کانه آرای نقش مهمی در پرعیارسازی تنگستن و حذف کانی‌های نامطلوب ایفا می‌کنند، ولی فرآیند اصلی فرآوری تنگستن روش‌های هیدرومتالورژی است. اگرچه روش‌های پیرومتالورژی نیز در مواردی به عنوان فرآیند اصلی و یا کمکی نقش بسزایی در این زمینه ایفا می‌کنند، ولی کماکان نتایج مطلوب از طریق فرآوردهای هیدرومتالورژی حاصل می‌شود. فرآوردهای نوین نظیر فرآوردهای مکانوشیمیایی نیز در کنار روش‌های هیدرومتالورژی به منظور استحصال تنگستن مورد استفاده قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی:

تنگستن، هیدرومتالورژی، مکانوشیمیایی، بازیافت، شلیت، ولفرامیت

مقدمه

تنگستن فلزی ضعیف و نادر به رنگ خاکستری فولادی تا سفید قلعی (یا سفید - نقره‌ای) است. این فلز در گروه ششم جدول تناوبی (فلزات واسطه) قرار دارد. تنگستن شعاع و بار یونی مشابه مولیبدن دارد و بدین علت این دو عنصر می‌توانند جانشین یکدیگر شوند. منابع استحصال تنگستن به طور عمده عبارتند از: کانی‌هایی که در ساختار آن‌ها تنگستن به عنوان یکی از عناصر اصلی وجود دارد، کانی‌هایی که در آن‌ها تنگستن به مقدار بسیار کم وجود دارد و استحصال به عنوان محصول جانبی صورت می‌گیرد و در آخر فلزاتی و موادی که در تولید آن‌ها از تنگستن بهره گرفته شده است و طی فرآیند بازیافت استحصال می‌شود.

خصوصیات مثبت کانی‌های تنگستن شامل وزن مخصوص بالا و خاصیت فرومغناطیس از عوامل مثبت در فرآیند تغلیظ به‌شمار می‌آیند. درمقابل شکنندگی و قابلیت تردی که منجر به هدرروی ذرات ریز به صورت نرمه در طول مدار خردایش می‌شود، از ویژگی‌های منفی محسوب می‌شوند [۱].

به طور کلی فرآیند استحصال تنگستن از کانی‌های تشکیل دهنده آن در دو مرحله تغلیظ و پرعیارسازی و استحصال به کمک روش‌های شیمیایی (نظیر هیدرومتالورژی)، مکانوشیمیایی و پیرومتالورژی قابل تقسیم است.

روش‌های کانه‌آرایی تنگستن

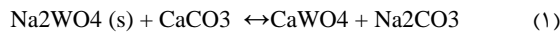
از آنجایی که فرآوردهای موجود جهت فرآوری ذرات با ابعاد درشت تا متوسط و با عیار کم، جهت توجیه اقتصادی به میزان خوراک ورودی بالایی نیاز دارند، استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های پیش تغلیظ و تجهیزات پرعیارسازی ثقلی با ظرفیت بالا متداول شده است. علاوه بر روش‌های ثقلی، سنگجوری، جدایش مغناطیسی و فلوتاسیون نیز برای پرعیارسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تنوع در روش‌های ذکر شده به دلیل محدودیت ابعادی دستگاه‌های جداکننده بوجود آمده است.

۱- سنگجوری

سنگجوری نسبت به دیگر روش‌های معمول کانه‌آرایی یک روش پیش

۱- روش لیچینگ بازی

در روش لیچ بازی از محلول سدیم کربنات یا سدیم هیدروکسید به عنوان عامل لیچ استفاده می‌شود. واکنش ۱ فرآیند لیچ توسط سدیم کربنات را نشان می‌دهد [۱].

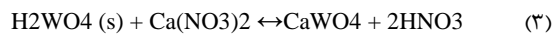


در این روش با استفاده از اتوکلاوهای فولاد آلیاژی و با استفاده از سدیم کربنات در درجه حرارت بین ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد تا ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد سنگ معدن تجزیه می‌شود. از مزایای این روش هزینه‌های نسبتاً پایین نگهداری و مناسب بودن استفاده از آن برای کانسارهای تنگستن با درجه خلوص پایین است. محلول بازیکی می‌توان از محلول هیدروکسید سدیم به عنوان عامل لیچ استفاده کرد. فرآیند لیچ را می‌توان به صورت واکنش ۲ نشان داد [۱]:

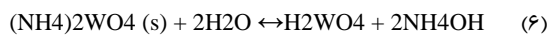
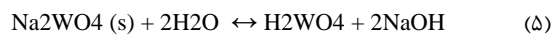


۲- روش لیچینگ اسیدی

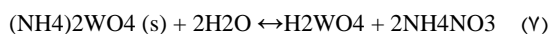
لیچ با اسید از قدیمی‌ترین روش‌های تولید تنگستیک اسید است، که بعداً به آمونیوم پاراتنگستات تبدیل می‌شود. این روش هنوز از روش‌های تولید نسبتاً اقتصادی است که برای کانسارهای با عیار بالا مناسب است. در روش لیچ اسیدی از هیدروکلریک اسید و یا نیتریک اسید استفاده می‌شود. در این فرآیند واکنش‌های شیمیایی مطابق واکنش‌های ۳ و ۴ انجام می‌شود.



پس از تشکیل اسید تنگستیک، سدیم تنگستات از واکنش با سدیم هیدروکسید (واکنش ۵) و یا آمونیوم تنگستات از واکنش با آمونیوم هیدروکسید (واکنش ۶) تولید می‌شود.



سپس محلول سدیم تنگستات به کمک روش استخراج حلالی از ناخالصی‌هایی نظیر گوگرد، فسفر، آرسنیک و غیره تخلیص شده و تنگستن به کمک روش استخراج حلالی استخراج، و پس از آن به کمک محلول آمونیاک و طی مرحله استریپینگ ۳ تنگستن از فاز آلی به صورت آمونیوم پاراتنگستات جدا می‌شود. علاوه بر این از واکنش تنگستیک اسید و آمونیوم هیدروکسید، آمونیوم تنگستات تولید می‌شود (واکنش ۷).



فرآوری است. عملیات سنگجوری مکانیکی نیز در بعضی از معادن و کارخانه‌ها به کار برده می‌شود. مثلاً در استرالیا روش فتومتریکی (نورسنجی) جهت جدا کردن ریف کوارتز (که شامل ولفرامیت و شلیت است) از سنگهای شلیتوزیتی همراه به کار برده شده است. همچنین وسایل و تجهیزاتی که از اشعه فرابنفش استفاده می‌کنند برای عملیات سنگجوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این روش‌ها آزادی عمل در انتخاب روش معدنکاری روباز که نسبت به عملیات زیرزمینی کم هزینه‌تر است، را بیشتر کرده است [۲].

۲- روش ثقلی

جدایش ثقلی نسبت به روش‌های دیگر کانه‌آرایی دارای چند مزیت مانند کارایی بالا، هزینه اجرایی و اولیه پایین، کاهش در مصرف آب و انرژی مورد نیاز، کاهش وسایل آسیا، کاهش میزان نرمه و از دست دهی نرمه، عدم نیاز به مواد شیمیایی (در بیشتر موارد) و در نتیجه عدم نگرانی زیست محیطی است. از طرف دیگر با توجه به وزن مخصوص بالای کانه‌های تنگستن، مهمترین فرآیند برای تولید کانسار تنگستن از سایر کانی‌های همراه که وزن مخصوص سبک‌تری دارند، روش‌های ثقلی است. هرچند در بسیاری از موارد کارایی این تکنیک وابستگی زیادی به ساختار کانه و نوع درگیری باطله‌ها دارد [۳].

۳- روش مغناطیسی

جدایش مغناطیسی در فرآوری کانی‌های تنگستن به دو دلیل می‌تواند به کار گرفته شود. دلیل اول حذف کانی‌های مغناطیسی مانند گارنت، مگنتیت و پیریت تشویه شده که به صورت باطله به همراه شلیت وجود دارند. دلیل دوم تغلیظ ولفرامیت بوسیله جدایش از کانی‌های غیرمغناطیسی است.

۴- فلوتاسیون

مدارها و تجهیزات ثقلی متداول عمدتاً بخش ابعادی کمتر از ۴۰ میکرون را بازیابی نمی‌کنند و در این دامنه ابعادی از کارایی مطلوبی برخوردار نیستند. بازیابی این دسته از مواد معمولاً توسط میزهای نرمه یا تجهیزات پیشرفته دیگری امکان‌پذیر است. فرآیند فلوتاسیون به ویژه در مورد فرآوری نرمه‌های شلیت یک فرآیند متداول است [۱].

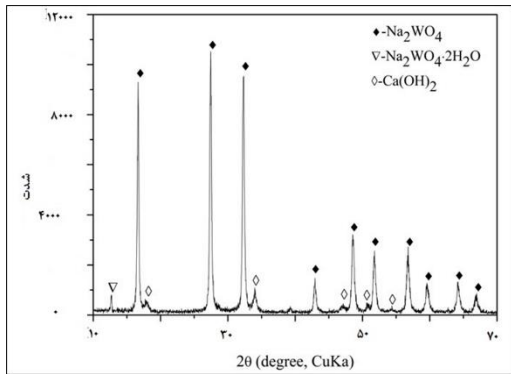
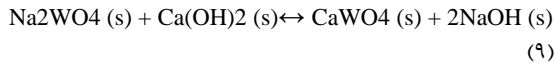
روش‌های هیدرومتالورژی استحصال تنگستن

روش‌های هیدرومتالورژی تنگستن به صورت کلی، فارغ از نوع روش، بر مبنای فرآوری کانسار تنگستن و تولید سدیم تنگستات ۱، حذف ناخالصی‌ها از محلول سدیم تنگستات، تولید آمونیوم پاراتنگستات ۲ و تولید پودر فلز تنگستن از آمونیوم پاراتنگستات است.

^۱ Sodium tungstate (NaWO₄)

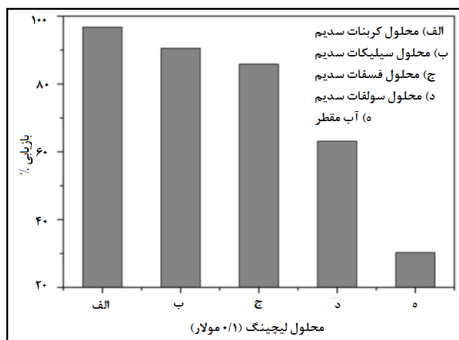
^۲ Ammonium para tungstate (APT)

^۳ Stripping



شکل (۱) پراش پرتو ایکس واکنش شلثیت و هیدروکسید سدیم [۵].

محلول ۰/۱ مولار سدیم و آب برای استحصال تنگستن از ذرات بدست آمده مورد استفاده قرار گرفت. مقدار بازیابی تنگستن در آب مقطر با میزان بازیابی تنگستن در حالتی که نمک سدیم (به حالت سولفات، فسفات، سیلیکاته و کربناته) در آن حل شده باشد، در شکل ۲ مقایسه شده است [۵].



شکل (۲) بازیابی تنگستن در حضور محلول های شست و شوی مختلف [۵].

از طرف دیگر به علت وجود کلسیم در محلول، امکان واکنش مجدد کلسیم برای تشکیل شلثیت وجود دارد. طی مشاهدات، استفاده از محلول شست و شو سدیم کربنات درست، تمایل کلسیم برای واکنش با قسمت کربناته بیشتر از سایر آنیون ها بود. در نتیجه استفاده از سدیم کربنات برای این فرآیند بهترین نتیجه ممکن را در بر داشت [۵].

۲- واکنش در حضور هیدروکسید آلومینیوم

مقادیر مختلف آلومینیوم هیدروکسید به مخلوط در حال خردایش شلثیت و سدیم هیدروکسید اضافه شد و نتایج پراش پرتو ایکس (شکل ۳) حاصل شد. در مقایسه با حالتی که بدون حضور آلومینیوم هیدروکسید صورت گرفت، سدیم تنگستات همچنان به عنوان فاز اصلی در زمینه وجود داشت. تفاوت مهم حضور کاتیویت نامحلول در

اکسید تنگستن از تکلیس آمونیوم پاراتنگستات به طریق حرارت غیرمستقیم به دست می آید و در ادامه با کمک هیدروژن به عنوان عامل احیا کننده اکسید تنگستن به پودر تنگستن تبدیل می شود [۴].

روش های پیرومتالورژی استحصال تنگستن

در این روش کنسانتره بدست آمده در مرحله کانه آرایبی همراه با سدیم کربنات در دمای بین ۸۰۰ الی ۹۰۰ درجه سانتیگراد ذوب می شود. این فرآیند به صورت واکنش ۸ نشان داده می شود.



اگر باقیمانده فرآیند ذوب با آب شستشو شود آنگاه محلول سدیم تنگستات به دست می آید. روش ذوب با سدیم کربنات برای کنسانتره های با عیار پایین اکسید تنگستن نیز مناسب است. پس از تهیه محلول سدیم تنگستات مطابق مراحل طی شده در روش هیدرومتالورژی، پس از زدودن ناخالصی های موجود در محلول، آمونیوم پاراتنگستات و پس از آن پودر تنگستن تولید می شود [۱].

استحصال مکانوشیمیایی تنگستن

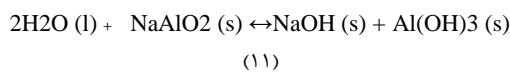
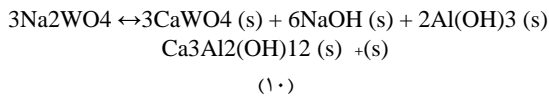
روش نوین استحصال تنگستن از شلثیت، به صورت خردایش خشک بوسیله سدیم هیدروکسید و کنترل انحلال کلسیم (بر مبنای دو روش) استوار است. روش اول شست و شوی ذرات تولید شده سدیم تنگستات و کلسیم هیدروکسید در محلول سدیم به جای آب است. به عنوان مثال، بازیابی تنگستن از ۳۰ درصد (توسط آب) به ۹۶ درصد در محلول ۰/۱ مولار سدیم کربنات، به علت تشکیل کربنات کلسیم، افزایش یافت. روش دوم اضافه کردن هیدروکسید آلومینیوم اضافی در خردایش مشترک شلثیت و سدیم هیدروکسید و تشکیل کاتیویت است. در این روش به سادگی بازیابی بالای ۹۸ درصد توسط شست و شو محصولات بوسیله آب، به علت وجود کاتیویت نامحلول، بدست آمد [۵].

۱- واکنش بدون حضور هیدروکسید آلومینیوم

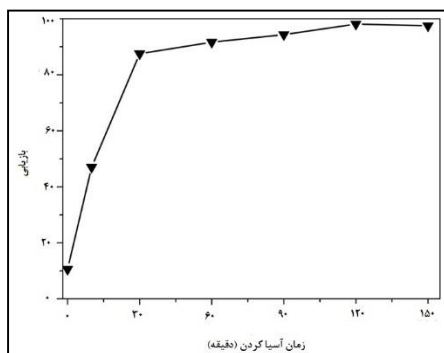
واکنش مکانوشیمیایی بین شلثیت و سدیم هیدروکسید، با نسبت مولی ۱ به ۲/۴ انجام شد. پس از مدت زمان یک ساعت از محصولات بدست آمده آزمایش پراش پرتو ایکس گرفته شد و مطابق شکل ۱، پیک شلثیت در آزمایش مشاهده نشد اما پیک سدیم تنگستات به عنوان پیک اصلی قابل مشاهده بود. همچنین پیک کلسیم هیدروکسید و سدیم تنگستات دی هیدرات نیز در زمینه مشاهده شد [۵].

بنابراین مشخص شد که مطابق واکنش ۹ تمامی شلثیت موجود طی فرآیند آسیا به سدیم تنگستات تبدیل شده است [۵].

باقی مانده است. در نقطه مقابل اضافه کردن بیش از حد آلومینیوم هیدروکسید منجر به مصرف سدیم هیدروکسید و تشکیل سدیم آلومینات (مطابق واکنش ۱۱) شده است که در نتیجه آن مقدار سدیم هیدروکسید از میزان لازم آن برای واکنش مکانوشیمیایی با شلیت کمتر شده و به دنبال آن میزان کمتری تنگستن محلول در آب پس از اضافه کردن هیدروکسید آلومینیوم بدست آمد [۵].



شلیت و سدیم هیدروکسید، در بازه‌های زمانی ۰ تا ۱۵۰ دقیقه به همراه آب مقطر به منظور بازیابی تنگستن خردایش شد. مطابق شکل ۵، با افزایش زمان آسیا، میزان بازیابی نیز افزایش یافت. مطابق شکل در زمان ۱۲۰ دقیقه، بازیابی به مقدار ۹۸/۱ رسیده است و این همان مقداری است که در صورت حضور آلومینیوم هیدروکسید و در زمانی به مراتب کمتر حاصل شده است. این امر خود گواهی بر مطلوب بودن این روش نوین در استحصال فلز تنگستن از شلیت است [۵].



شکل ۵: نسبت بازیابی به مدت زمان آسیا کردن [۵].

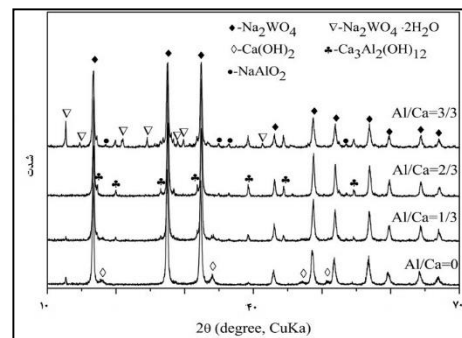
بازیابی تنگستن کارباید از پسماند مواد سخت

آلیاژهای سخت، موادهای کامپوزیتی هستند که از ترکیب شبه فلزات با فلزات یا آلیاژهایی که پایه آن‌ها معمولاً کاربید فلزات واسطه است، بوجود می‌آیند. در بین انواع مختلف فلزات و کاربیدهای موجود، رایج‌ترین آلیاژ کبالت و تنگستن کارباید است [۶].

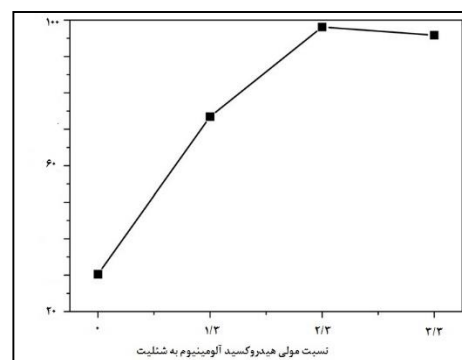
خردایش آلیاژ کبالت و تنگستن کارباید موجب تشکیل ذرات بسیار ریز می‌شود. بنابراین مطالعات بسیاری به منظور بازیافت آلیاژهای کبالت و تنگستن کارباید انجام شده است. فرآیندهای اصلی بازیافت در گروه‌های هیدرومتالورژی، ذوب، فرآیندهای اکسیداسیون و احیا، روش‌های الکتروشیمیایی و بازیافت مستقیم طبقه‌بندی شده اند [۶].

زمینه نتیجه آزمایش پراش پرتو ایکس بود که با افزایش میزان آلومینیوم هیدروکسید از میزان کلسیم کربنات موجود در محلول کاسته، و به کاتویتت آن اضافه شده است [۵].

در شکل ۴ میزان بازیابی تنگستن از نمونه در مقادیر مختلف از آلومینیوم هیدروکسید نشان داده شده است. بازیابی تنگستن با افزایش میزان آلومینیوم هیدروکسید تا مقدار ۹۸/۱ که نسبت مولکولی آلومینیوم هیدروکسید به شلیت برابر ۲ به ۳ بوده است، رشد کرده است (که این مقدار در مقایسه با حالتی که تنها از سدیم کربنات استفاده شده بود، بیشتر است). ولی اضافه کردن بیشتر آلومینیوم هیدروکسید به محیط منجر به تولید سدیم آلومینات^۱ و مصرف هیدروکسید سدیم و متعاقباً کاهش تدریجی بازیابی تنگستن شده است [۵].



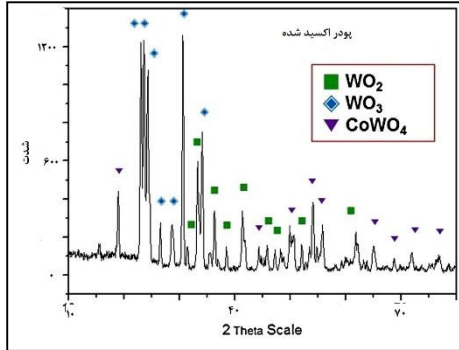
شکل (۳) پراش پرتو ایکس محصولات تولیدی واکنش شلیت و سدیم هیدروکسید در حضور مقادیر مولی متفاوت آلومینیوم هیدروکسید [۵].



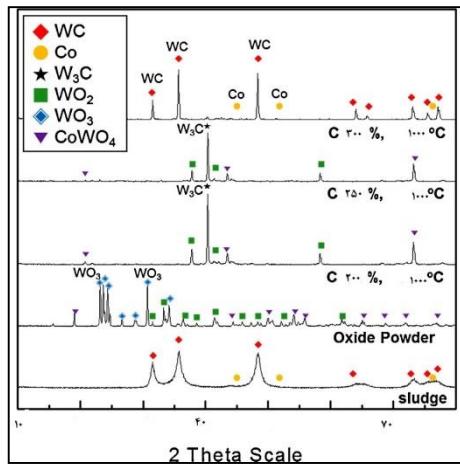
شکل (۴) بازیابی تنگستن در نسبت‌های مولی متفاوت آلومینیوم هیدروکسید به شلیت [۱۸].

شکل ۳ و ۴ بیانگر واکنش کلسیم با آلومینیوم هیدروکسید تحت شرایط بازیافت و تشکیل کاتویتت نامحلول است (واکنش ۱۰). هنگامیکه میزان آلومینیوم هیدروکسید اضافه شده به محلول کمتر از نسبت استوکیومتری ۳ به ۲ نسبت به کلسیم است، تشکیل کاتویتت به صورت کامل انجام نشده و مقدار کمی از کلسیم کربنات در محلول

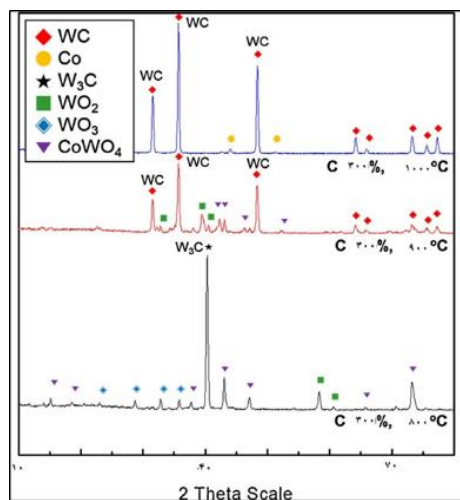
^۱ Sodium aluminate (NaAlO₂)



شکل (۶) الگوی پراش پرتو ایکس پس از فرآیند اکسیداسیون [۶].



شکل (۷) پراش پرتو ایکس پودر اکسید شده و پودر بدست آمده از فرآیند احیای کربوترمال در نسبت‌های متفاوت پودر کربن [۶].



شکل (۸) پراش پرتو ایکس برای پودر احیا شده در فرآیند کربوترمال در دماهای متفاوت [۶].

روش‌های هیدرومتالورژی مختلف برای فرآوری قراضه‌های کبالت و تنگستن کاربرد مورد استفاده قرار گرفته است. روش‌های مرسوم برپایه جد کردن کارباید و فلز کبالت و یا لیچینگ بازیک پس از اکسیداسیون است. بنابراین ناخالصی‌ها تصفیه و عناصر با ارزش از محلول خارج می‌شوند. هرچند معیبهی مرتبط با این فرآیندها نظیر تشکیل پودر کارباید دانه درشت، مشکلات زیست محیطی ناشی از مواد شیمیایی مورد استفاده و هزینه بالای فرآیند وجود دارد. فرآیندهای مهم دیگر بازیافت، فرآیند تجزیه روی^۱ و منستروم^۲ است. در فرآیند تجزیه روی، قراضه آلیاژهای سخت در حوضچه حاوی روی در حضور آرگون غرق می‌شود و کبالت و کارباید جدا می‌شوند. متعاقباً روی بوسیله تقطیر از مذاب حذف می‌شود و آنچه باقی می‌ماند مواد حاوی تنگستن کارباید است. در نقطه مقابل، در فرآیند منستروم، قراضه آلیاژهای سخت، پس از انحلال در مذاب آهن اشباع شده بوسیله کربن و یا کبالت در اسید لیچ می‌شود. آنچه پس از این فرآیند باقی می‌ماند، به عنوان منبع تنگستن کاربرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه این فرآیند نیازمند امکانات گسترده و به تبع آن افزایش هزینه‌های بازیافت است [۶].

فرآیند اکسیداسیون و کربوترمال^۳، فرآیندی نسبتاً آسان، دوست‌دار محیط زیست و مقرون به صرفه است که در دو مرحله انجام می‌شود. مرحله اول اکسیداسیون قراضه‌های حاوی کبالت و تنگستن کارباید و مرحله دوم فرآیند کاهش محصولات تولیدی مرحله اول است. در مرحله دوم، پودر اکسیدی تولید شده در مرحله اول به کمک واکنش کربوترمال احیا می‌شود. بدین منظور قراضه‌های حاوی آلیاژ کبالت و تنگستن کارباید به میزان کافی خشک و در کوره مافل^۴ در دمای ۹۳۷ کلوین اکسیده می‌شود (شکل ۶). پودر اکسیده شده به مدت ۲۴ ساعت در آسیای گلوله‌ای خردایش می‌شود. متعاقباً پودر کربن به مواد اکسیده اضافه شده و مخلوط حاصل مجدد به مدت ۲۴ ساعت در آسیای گلوله‌ای برای حصول اطمینان از همگن شدن مواد، آسیا می‌شود (شکل ۷). کربن مورد نیاز به صورت تئوری با توجه به میزان مورد نیاز برای احیای اکسید تنگستن و اکسید کبالت طی واکنش کربوترمال محاسبه می‌گردد. نهایتاً پودر مخلوط شده در بوتله آلومینیومی در دمای ۱۰۷۳ الی ۱۲۷۳ کلوین به مدت ۶ ساعت در حضور جریان گاز آرگون احیا می‌شود (شکل ۸، ۳) [۶].

^۱ Zinc decomposition

^۲ Menstruum

^۳ Carbothermal

^۴ Muffle furnace

نهایتا پس از فرآیند کربوترمال، مطابق شکل ۸، پس از آزمایش پراش پرتو ایکس، تشکیل تنگستن کارباید و کبالت تایید شد. علاوه بر این تاثیر نسبت ترکیبی کربن و دمای واکنش کربوترمال در شرایط مختلف بررسی شد. در آخر حالت بهینه برای احیای کربوترمال تنگستن کارباید و کبالت برابر مخلوط ۳۰۰ درصدی پودر کربن و دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد [۶].

نتیجه گیری

افزایش حجم مواد معدنی موجب شده است تا فرآیندهای کانه‌آرایی مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرد. در این قسمت سعی بر حداکثر جدایش انتخابی مواد مطلوب از مواد باطله همراه است. تنگستن به علت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد نظیر وزن مخصوص بالا، خاصیت پارامغناطیسی و فلونئوسانس، در مرحله کانه‌آرایی و با استفاده از روش‌های سنگجوری، ثقلی و مغناطیسی تا حد قابل قبولی پرعیارسازی می‌شود. البته نکته حائز اهمیت در این فرآیندها توجه به محدوده ابعادی مواد موجود است تا ضمن استفاده از مناسب‌ترین تجهیزات، بالاترین بازبایی ممکن بدست آید.

پس از پرعیارسازی، استحصال فلز تنگستن به کمک روش‌های هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی صورت می‌گیرد. در بعضی از مواقع این دو روش به صورت مکمل، و در باقی شرایط به صورت جداگانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. تشخیص استفاده از روش مناسب برای فرآوری کانه‌های تنگستن پس از انجام خواص سنجی و مطالعه دقیق بر روی کانسار انجام می‌پذیرد. روش‌های هیدرومتالورژی برای فرآوری تنگستن بر پایه لیچینگ اسیدی و بازی، فرآیندهای اکسیداسیون و احیا و استخراج حلالی بنا شده است. این روش‌ها به خصوص در مواردی که فلز تنگستن به همراه سایر فلزات که خواص مشابه با آن دارند و به طور همزمان در کانسار وجود دارند، به علت انتخابی بودن فرآیند جدایش ایده‌آل‌ترین روش تلقی می‌شوند نکته مهمتر در استفاده از روش‌های هیدرومتالورژی، توجه روزافزون به فرآوری عناصر جانبی همراه با کانسار اصلی است. زیرا به علت عیار پایین و حضور سایر عناصر با خاصیت مشابه، تنهاروش ممکن برای فرآوری تنگستن، روش‌های هیدرومتالورژی است. روش مکانوشیمیایی نیز بازبایی بالای تنگستن را نشان داده است و می‌تواند به عنوان روشی نوین در فرآوری تنگستن مورد توجه قرار گیرد.

از طرف دیگر به علت روند رو به رشد تقاضای مواد معدنی، نیاز است تا استحصال فلزات و از جمله تنگستن علاوه بر منابع طبیعی، از

پسماندها و قراضه‌هایی که حاوی مقادیر قابل توجهی تنگستن هستند نیز صورت گیرد. فرایندهای بازیافت تنگستن از قراضه‌ها، فرآیندهایی نوین هستند که توامان از روش‌های هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی برا استحصال فلز تنگستن بهره می‌برند. این فرآیندها با توجه به اقبال روزافزون به امر بازیافت، قابلیت پیشرفت و بهینه‌سازی و نوآوری‌های فراوان دارند.

مراجع

- [1] بارانی بیرانوند، کیانوش؛ حیدره، سعید؛ "بررسی روش‌های تولید فلز تنگستن از سنگ معدن کم عیار تنگستن"، همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم شیمی، زیست-شناسی، زمین‌شناسی، دوره دوم، ۱۳۹۳.
- [2] Sutaone, A.T; Raju, K.S.; "Physical separation processing of bulk Tin – Tungsten pre concentration into individual constituents for commercial applications", *International mineral processing congress (IMPC)*, 9, p.p. 7-12.
- [3] Hedayati, H.; Noaparast, M.; Shafaei, S.Z; "Application of gravity separators for enrichment of south Chah-Palang tungsten ore", *International journal of mining and geology engineering*, Vol. 50, No.1, p.p. 1-12, June. 2016.
- [4] Gurmen, S.; Timur, S.; Duman, I.; "Acidic leaching of scheelite concentrate and production of hetero-poly tungstate salt", *International journal of mining and geology engineering*, Vol. 50, No.1, p.p. 1-12, June. 2016..
- [5] Chen, M.; Li, Z.; Li, X.; "Mechanochemically extracting tungsten through caustic processing of scheelite by controlling calcium dissolution", *International journal of refractory metals and hard materials*, Vol. 58, p.p. 211-215, 2016.
- [6] Jung, Woo-Gwang; "Recovery of tungsten carbide from hard material sludge by oxidation and carbothermal reduction process ", *journal of refractory industrial and engineering chemistry*, Vol. 20, p.p. 2384-2388, 2014.

سیستم‌های کنترل اتوماتیک در فرآوری مواد معدنی

حمزه اسحقی

کارشناس ارشد مهندسی معدن گرایش فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(hamzeheshaghi@gmail.com)

چکیده

کنترل اتوماتیک همزمان با رشد صنایع مختلف رشد چشمگیری داشته است. کنترل اتوماتیک به عنوان بخش مهمی از فرایندهای صنعتی، در صنعت فرآوری مواد معدنی نیز علیرغم پیچیدگی‌های موجود در مراحل مختلف از جمله خردایش و فلوتاسیون کاربرد دارد. استفاده از سیستم‌های کنترل در بالابردن کارایی هر بخش و جلوگیری از افت مواد معدنی، مواد شیمیایی و انرژی تاثیر قابل توجهی دارد. با توجه به توسعه رویکردها و روش‌های کنترل در صنایعی مانند صنایع پتروشیمی، به کارگیری این روش‌ها و کنترل‌کننده‌ها مشکلاتی را در مدارهای فرآوری ایجاد می‌کند که این مشکلات از طبیعت کانه و خواص پالپ ناشی می‌شوند و در این خصوص بایستی روش‌های کنترل پیشرفته و هوشمند به کار گرفته شود. بنابراین شناخت تئوری‌های کنترل امری ضروری است و برای بهینه‌سازی و پایدارسازی فرایندها باید از روش‌های جدید کنترل در فرآوری مواد معدنی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

کنترل اتوماتیک، فرآوری مواد معدنی، روش‌های کنترل، حسگرهای کنترلی

مقدمه

کنترل علمی است که به تنظیم رفتار یا مقدار کمیت‌های موجود در محیط‌های مختلف عملیاتی می‌پردازد. علم کنترل روش‌هایی را معرفی می‌کند که در این روش‌ها به منظور تنظیم خروجی سیستم‌ها می‌توان با استفاده از محاسبات ریاضی، ورودی مناسب هر سیستم را بدست آورد [۱].

مدل‌های ریاضی، برای اجرا و پیکربندی موفق فرایندهای واحد به همراه پروسه‌های پیچیده و نامنظم به کار می‌روند. هدف اصلی در کاربرد مدل‌های ریاضی این است که عملیات تحت شرایط پایا^۱ انجام شود. اما در عمل شرط حالت پایا به آسانی با تغییراتی که در متغیرها به وجود می‌آید به هم می‌خورد. اگر شرط حالت پایای ایده‌آل را در نظر بگیریم در این حالت میانگین تغییرات و انحراف از مقدار متوسط توسط ابزارهای مناسبی تعیین می‌شود که احتمال دارد به حالت پایا برگردانده شود. از سال‌ها پیش ابزارهایی برای این هدف طراحی شده است. این ابزارها توسط سیگنال‌های الکتریکی تولید شده به وسیله متغیرهای خاص عمل می‌کنند. این سیگنال‌ها به نحوی هستند که امکان برنامه‌ریزی برای تشخیص و کنترل انحراف از مقدار میانگین را

ممکن می‌سازند. بنابراین تجهیزات می‌توانند به طور مناسب شرایط را به حالت نرمال برگردانند. لذا موضوع اصلی در کنترل ایجاد مدل ریاضی پویا و پایش مقدار انحراف از مدل و سرانجام برگرداندن عملیات به شرایط اصلی می‌باشد [۲].

هدف از مدل‌سازی پدیده‌سازی رفتار سیستم با استفاده از امکانات موجود است. مدل بیان‌کننده ارتباط بین خروجی و ورودی یا ورودی‌ها به صورت یک رابطه ریاضی است. در اغلب موارد این ارتباط یک معادله دیفرانسیلی است که به آن معادله مشخصه سیستم گفته می‌شود. بسته به این که قوانین فیزیک و شیمی و سایر موارد حاکم بر اجزای سیستم با چه دقت و صحتی انتخاب شده‌اند، دقت و صحت مدل ریاضی قابل محاسبه است. با توجه به ساده‌سازی‌های فیزیکی اغلب مدل‌ها تقریبی از عملکرد واقعی سیستم را در اختیار ما قرار می‌دهند [۱].

کنترل فرایند، برای بهینه‌سازی و پایدارسازی^۲ مدارهای فرآوری مواد معدنی ابتدا در اواخر دهه ۶۰ میلادی ایجاد شد و پس از گذشت سه دهه توسعه یافته است. هنر و علم کاربرد تکنولوژی به عنوان هسته مکمل در صنعت به وجود آمده است. هدف آن فراهم آوردن چارچوب

^۲ Stabilization

^۱ Steady State

فنی معمولاً با اندازه سیستم (تعداد ورودی-خروجی) و پیچیدگی آن (ورودی-خروجی آنالوگ) افزایش می‌یابد و معمولاً با سطح پیچیدگی سیستم و آموزش، کاهش می‌یابد. در یک کنترل پیشرفته^۴ و تنظیمی^۵ باید فرایند اصلاح شده اجرا شود. بعلاوه، کنترل فرایند و بهینه‌سازی آن به عنوان هسته اصلی در عملیات فرآوری مواد معدنی و جذب سرمایه است [۳].

تاریخچه و اجزای کنترل اتوماتیک در فرآوری مواد

معدنی

کنترل در فرایند تغلیظ مواد معدنی، به مدت چند دهه در حاشیه بوده است. با گذشت زمان، توازن بین تنظیم و بهینه‌سازی دستی نسبت به تنظیم اتوماتیک فرایندهای اصلی به طور عمده تغییر یافته است. در دهه ۷۰ همزمان با رشد کامپیوترها به عنوان سازمان دهنده اصلی که متغیرهای ورودی-خروجی را با تجهیزات کنترلی ترکیب می‌کنند، تغییر چشمگیری در کنترل فرایند ایجاد شد. این ابزار در مقایسه با استانداردهای امروزی فوق العاده ابتدایی بودند ولی برای اولین بار مهندسان فرایند روش‌هایی را برای توسعه، آزمایش و اصلاح استراتژی‌های کنترل فرایند در اختیار داشتند. به هر حال، اپراتورها ابزاری را داشتند که داده‌ها و اطلاعات مربوط به فرایند را به شکلی مرتب نشان می‌دهد که آنها را قادر می‌ساخت تا تصمیم‌های بهتری را اتخاذ کنند. محصول جانبی این تکنولوژی این بود که زمینه‌ای مناسب برای مهندسان فراهم ساخت تا ایده‌هایی را که به بهبود فرایند کمک می‌کردند مورد بحث و بررسی قرار دهند [۳].

ضرورت کنترل اتوماتیک در فرآوری مواد معدنی

با توجه به پیچیده شدن شرایط فرآوری کانه‌ها، افزایش دستمزد و انرژی، حفظ شرایط بهینه در کارخانجات فرآوری امری ضروری است. در بهینه‌سازی عملیات فرآوری، استفاده از کنترل اتوماتیک باعث کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود. بنابراین هدف از مکانیزاسیون و اتوماسیون در فرآوری کانه‌ها می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

۱. افزایش بهره‌وری پرسنل
۲. افزایش بهره‌وری تجهیزات
۳. کاهش هزینه‌های فرآوری
۴. تسهیل کار کارکنان برای انجام برخی کارهای دشوار و یکنواخت
۵. حفظ و افزایش کارایی تکنولوژیکی و تکنیکی-اقتصادی در واحدهای صنعتی

در حال حاضر، اغلب واحدهای فرآوری مواد معدنی به ابزارهای مختلفی در نقاط بحرانی و مهم تجهیز شده‌اند تا با پایش سیستم، هم فرایند را تنظیم کرده و هم در صورت نیاز هشدارهای لازم را اعلام

آرایی سیستم‌ها برای پرداختن به کنترل فرایند به وسیله جستجوی اجزای اصلی شامل فرایند، اندازه‌گیری/مدل‌سازی، خط مشی^۱، کاربران^۲ و نگهداری و توسعه آن است [۳].

سیستم پایدار به سیستمی گفته می‌شود که پاسخ خروجی آن برای همه ورودی‌های کران دار محدود باشد. سیستمی که به ورودی‌های کران دار پاسخ بی‌کران می‌دهد ناپایدار است. ورودی کران دار تابعی از زمان است و معمولاً در داخل محدوده‌های خاصی قرار می‌گیرد. برای مثال، تابع پله و سینوسی دارای ورودی‌های کران دار هستند. تابع $f(t)=t$ بی‌کران است. در سیستم‌های ناپایدار، حالت‌هایی که در آنها خروجی بی‌کران می‌شود فقط از نظر ریاضی صحیح هستند و در سیستم‌های فیزیکی و واقعی، خروجی‌ها کران دار هستند [۴].

علازغم بکارگیری ابزارهای غیر قابل اعتماد و پراکنده، مدارهای فرآوری مواد معدنی از مشکلات دیگری مانند اندرکنش بین واحدهای فرایند، زمان‌های مرده^۳ طولانی، اندازه‌گیری کم و در بعضی مواقع غیر قابل اطمینان از متغیرهای فرایند، سیستم‌های غیر خطی، اختلالات وارد شده به فرایند، فرایندهای دینامیک مختلف و متعدد همراه هستند [۵].

کنترل اتوماتیک ابزاری است که کمک می‌کند تا فعالیت‌های سیستم بهتر و سریعتر انجام شود، قدم‌های بزرگی در توسعه فرایندها و بکارگیری ماشین‌های بزرگ جهت بهبود بهره‌وری برداشته شده است. توسعه تجهیزات خودکار و فرایندهای پیوسته انجام کارهای تکراری و خسته کننده را تسهیل کرده‌اند. ولی این پیشرفت‌ها نیاز به تجهیزات و نیروی کار را نیز افزایش داده است. بنابراین وسایلی نیاز است که اطلاعات را به صورت اتوماتیک جمع آوری کرده و کارها را مطابق برنامه‌ریزی اجرا نمایند. واحدهای صنعتی با ظرفیت بالا، نیازمند تجهیزات و سرمایه‌گذاری‌های بزرگی هستند و یکی از اهداف کنترل، استفاده بهینه از سرمایه‌گذاری و تجهیزات جدید است.

بر خلاف مواد خامی که در صنایع دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند و به کارگیری کنترل اتوماتیک را با موفقیت‌های بسیاری همراه کرده‌اند، کانه‌ها از معدنی به معدن دیگر و حتی در یک کانسار تغییر می‌کنند و در نتیجه کنترل فرایند مشکل خواهد بود [۶]. فرایند کنترل در یک سیستم پویا مانند سیستم‌های فرآوری مواد معدنی که تعداد زیادی از متغیرها به صورت همزمان تغییر می‌کنند، پیچیده است. کنترل اتوماتیک عملیات واحدهای صنعتی باعث بهبود بهره‌وری و افزایش درجه خلوص محصولات و کاهش نیروی انسانی می‌شود. لذا عبارت کنترل فرایند معرف یک کار مهندسی است که با مجموعه‌ای از وسایل و تجهیزات برای کنترل فرایندها و سیستم‌ها در ارتباط است [۷].

در هر سیستمی وجود ساختاری برای پشتیبانی از سیستم‌های کنترل فرایند شامل تجهیزات و نیروی انسانی امری ضروری است. تعداد افراد

^۱ Strategy

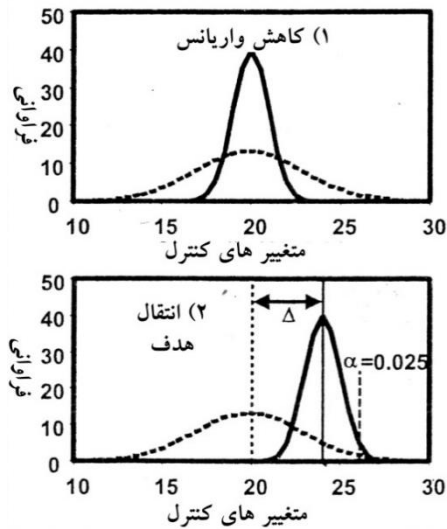
^۲ User Group

^۳ Dead time

^۴ Advance control

^۵ Regulatory control

- ۱- کاهش واریانس: یعنی نشان دادن این که فرایند را می توان کنترل کرد.
- ۲- جابجا کردن اهداف یعنی بهره برداری از فرایند کنترل توسط حفظ اهداف بهینه



شکل (۱) تفسیر گرافیکی از اهداف کنترل فرایند [۳]

تجهیزات کنترل اتوماتیک می توانند جزئیات فرایند را نظارت کنند و همچنین هشدارهای مناسب برای تغییر را بدهند، اطلاعات را ثبت کرده یا مراحل ضروری برای اصلاح انحراف از حالت نرمال را در نظر بگیرند. در حال حاضر، این امکان وجود دارد که سیستم های کنترل اتوماتیک را در اغلب پروسه های واحدهای فرآوری که شامل بخش های مهم شامل خوراک دهی، مخلوط کردن، خردایش و طبقه بندی، جدایش ثقلی، لیچینگ و فلوتاسیون می شود به کار گرفت [۲].

روش های کنترل

سیستم های کنترلی را می توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد:

- ۱) کنترل پیوسته یا آنالوگ که مانیتورینگ و کنترل رویدادها به صورت پیوسته انجام می شود.
- ۲) کنترل دیجیتالی که در آن از کامپیوترها و ریزپردازنده ها استفاده می شود.

برای مثال برای کنترل سطح مخزن فلوتاسیون که به طور پیوسته در حال پر شدن است و به طور پیوسته پالپ از آن خالی می شود می توان به ساده گی با مشاهده سطح پالپ در مخزن انجام گیرد. همچنین می توان به طور دستی و با تنظیم نرخ ورودی توسط شیرهای ورودی جریان مخزن و سطح پالپ در آن را تنظیم کرد. روش روشن-خاموش یا روش دو وضعیتی سطحی با پروفیل متغیر را نتیجه می دهد (شکل

کنند. طرح ریزی کنترل اتوماتیک را زمانی می توان با موفقیت عملی کرد که با تقسیم کل زنجیره عملیاتی به بخش ها و زیرسیستم ها، کمترین تعداد فاکتورهای نیازمند به کنترل وجود شده باشد [۴]. مکانیزاسیون و اتوماسیون کارخانجات فراوریدر دو راستای مهم هستند.

۱. تنظیم فرایند به صورت اتوماتیک با ابزارهای اندازه گیری
۲. تثبیت عیار مواد خام و کمکی و مطمئن بودن از انجام فرایند تحت شرایط پیوسته و یکسان به طور کامل و دقیق

در حالت اول، کارخانه فرآوری نیاز به استفاده از تعداد زیادی وسایل نظارتی، اندازه گیری و کنترل و تطبیق آن با سایر تجهیزات اتوماسیون دارد که ممکن است شامل ساده ترین واحدهای سیگنال دهی، کامپیوترهای پیچیده و ماشین های برنامه ریزی باشد.

حالت دوم شامل استفاده از عملیات ماشینی مواد خام، استفاده از مواد کمکی با عیار مشخص (محیط آسیا، معرف ها، آب و غیره) و استفاده از تجهیزات بادوام و پر محصول است که فرایند با محوریت آنها کنترل می شود.

چنانکه مکانیزاسیون و اتوماسیون پیچیده ای برای واحدهای فرآوری مواد معدنی به کار گرفته شود باید تحقیقات و آزمایشات کافی در این زمینه انجام شود که به طور معمول مشکلات زیر را خواهد داشت.

- ۱- مطالعه پارامترهای مختلف از قبیل استاتیک و دینامیک فرایندها
- ۲- مطالعه فرایندهای مورد هدف اتوماسیون
- ۳- تعیین ترتیب فرایندها
- ۴- توسعه فرستنده ها و وسایل اندازه گیری
- ۵- فرموله کردن الگوریتم ها برای کنترل فرایندها
- ۶- توسعه تجهیزات جدید آسیاکنی، تغلیظ و کمکی برای واحدهای فرآوری مواد معدنی که به منظور اتوماسیون و مکانیزاسیون پیچیده نیاز هستند.
- ۷- یافتن راه حل های جدید برای طراحی واحدها تا اجرای اتوماسیون عملیات اصلی و فرعی را آسان نماید.

عملیات مختلف سیستم های کنترل شامل مراحل زیر می شود.

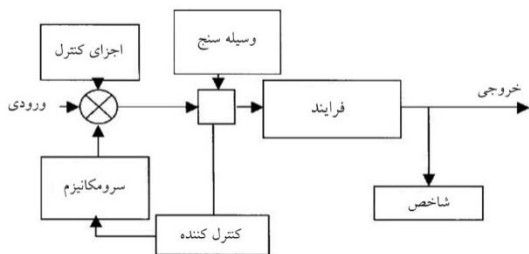
- ۱- کشف تغییرات
- ۲- انتقال سیگنال اخطار
- ۳- نشان دهنده های موثر تغییرات
- ۴- بکارگیری مکانیزم تصحیح

برداشتی که از کنترل فرایند می توان داشت (مخصوصاً زمانی که به سطوح بالاتر کنترل پیش می رویم) این است که خیلی پیچیده و غیر شهودی است. به هر حال باید به خاطر داشت که اهداف عمومی کنترل فرایند سر راست و قابل دسترس هستند و همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است آنها را می توان به دو صورت ساده تقسیم کرد.

(۳) [۱].

در یک فرایند دو نوع تغییر می‌تواند اتفاق بیافتد. اگر در مقدار مینا تغییری ایجاد شود مشکل را سروو^۴ یا فرمان‌بار و اگر در بار ورودی تغییری ایجاد شود مشکل را تنظیمی گویند. روش بدست آوردن پاسخ هر دو نوع اساسا یکسان است و ممکن است برای بدست آوردن پاسخ ترکیب خطی مقدار مینا و بار، دو پاسخ بر روی هم جمع شوند [۳]. مقایسه‌گر^۵ سه وظیفه دارد. اولین وظیفه این است که به صورت صحیح سیگنال‌هایی را از مانیتور دریافت نماید. دومین وظیفه این است که سیگنال را با مقدار مینا یا همان مقدار مطلوب مقایسه کرده و انحراف از حالت نرمال را محاسبه نماید. سومین وظیفه، کنترل کننده نهایی را برای تصحیح خطا فعال می‌کند [۱].

دو فاکتور وجود دارد که کنترل فیدبک را نامطلوب می‌سازند. این فاکتورها عبارتند از اختلالات مکرر که اغلب دارای مقادیر بزرگی هستند و پس از زمانی در طول پروسه بین رخداد یک رویداد و تاخیر در شناسایی سیگنال اتفاق می‌افتد. این اختلالات و پس از آن زمانی را باید اندازه‌گیری و اصلاح کرد. در سیستم فیدفوروارد، سیگنال ورودی، برای مثال برای خوراک ورودی، قبل از این که خوراک وارد فرایند شود، مانیتورینگ و کنترل می‌شود و با انجام آن انتظار می‌رود که خوراک‌دهی به فرایند بدون تغییر انجام شود و بنابراین کارایی فرایند بدون تاثیر باقی می‌ماند. شکل ۴ نمودار بلوکی از سیستم فیدفوروارد را نشان می‌دهد [۱].



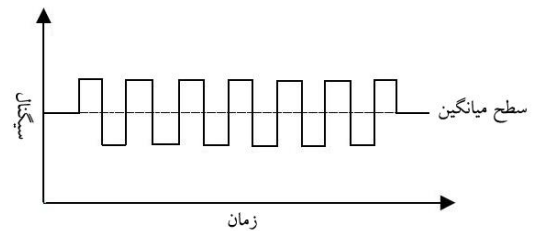
شکل (۴) نمودار بلوکی سیستم کنترلی فیدفوروارد

شاخص جریان ورودی، انحراف از ویژگی‌های جریان ورودی (مانند نرخ جریان خوراک) را به کنترل‌کننده ارجاع می‌دهد و کنترل‌کننده عکس‌العمل آن را به جریان ورودی (و نه در روی پروسه) محدود می‌کند. بزرگی خطا محاسبه شده و سیگنال‌هایی به کنترل‌کننده برای فراهم کردن عکس‌العمل مناسب برای حفظ شرایط جریان ورودی فرستاده می‌شود تا جریان به سطح اصلی خود برگردانده شود [۱].

ابزار و سخت افزار کنترل

^۴ Servo

^۵ Comparator

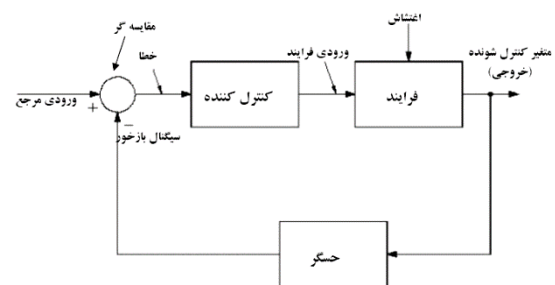


شکل (۲) کنترل دستی روشن-خاموش برای سطح سلول‌های فلوتاسیون [۱]

این وضعیت در اغلب مدارهای فرآوری مواد معدنی غیر قابل قبول است. بنابراین برای حل این مشکل ابزارهایی به کار گرفته می‌شوند که نوسانات سطح پالپ در مخزن را کم کنند. بدین منظور کنترل کننده‌های اتوماتیک برای کنترل نرخ جریان، دانسیته پالپ، سطح مخزن، وظیفه پمپ و تقریبا کنترل عملیات همه واحدها مانند سنگ شکن‌ها، آسیاب‌ها، کلاسیفایرها، تیکنرها، تجهیزات فلوتاسیون و سیستم‌های انتقال مواد مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. دو خط مشی اساسی کنترل عبارتند از:

- ۱) سیستم کنترل فیدبک^۱ (کنترل بازخورد)
- ۲) سیستم کنترل فیدفوروارد^۲ (کنترل پیش‌خور)

در سیستم کنترل فیدبک، خروجی یک پروسه به صورت پیوسته توسط یک حسگر ثبت می‌شود. زمانی که خروجی تغییر می‌کند حسگر این تغییر را شناسایی و سیگنال‌هایی را برای مقایسه‌گر می‌فرستد که این سیگنال‌ها با مقدار مینا یا ورودی مرجع که برای عملیات حالت پایا تنظیم شده است، مقایسه می‌شوند. بنابراین خطا یا انحراف از میانگین برآورد می‌شود. سپس سیگنالی به سیستم تنظیم یا همان محرک^۳ فرستاده می‌شود تا این خطا را به صفر کاهش دهد. این سیگنال‌ها ممکن است الکتریکی، مکانیکی یا پنوماتیکی باشند. شکل ۳ نمودار بلوکی معمول از یک سیستم کنترل فیدبک را نشان می‌دهد [۱].



شکل (۳) نمودار بلوکی سیستم کنترلی فیدبک [۱]

^۱ Feed back

^۲ Feed forward

^۳ Actuator

ابزارهای فیلد شامل حسگرها (حسگرهای جریان، دما، چگالی، ترکیب، فشار، سطح و غیره) و اجزای نهایی کنترل (شامل شیرها و غیره) می-شود. جدول گستره تکنولوژی حسگرهایی که به طور معمول در فرایند کنترل مدارهای آسیا کنی به کار می-رود را نشان می-دهد. واضح است که تکنولوژی‌های مختلفی برای انتخاب وجود دارند. به هرحال، اغتشاشات مدار و خط مشی که برای حذف این اغتشاشات اعمال می-شود مشخص می-گردد که کدام مورد از این لیست باید انتخاب شود.

جدول (۲) انواع تکنولوژی مختلف حسگرها برای استفاده در سیستم‌های خردایش [۳]

اندازه گیری	تکنولوژی به کار گرفته شده
ارتفاع انبار (مواد جامد)	تجهیزات مافوق صوت
	تجهیزات لیزری
	سلول‌های فشار
	تجهیزات مکانیکی
ارتفاع مخزن (پالپ)	تجهیزات مافوق صوت
	تجهیزات مکانیکی
	تجهیزات فشار تفاضلی
توان موتور	فرستنده‌های جریان و قدرت گشتاورسنج‌ها
جریان جامد	ترازوهای نواری الکترونیکی
جریان پالپ	ترازوهای نواری هسته‌ای
جریان آب	ابزارهای مغناطیسی
	ابزارهای مافوق صوت
	ابزارهای فشار تفاضلی
رطوبت(جامد خشک)	ابزارهای میکروموج
رطوبت (پالپ)	راديوآکتیو سنج‌ها
	لوله‌های U شکل
	ابزارهای فشار تفاضلی
فشار	تجهیزات دیافراگمی
لرزش/صدا	شتاب سنج/ میکروفون
دما	ترموکوپل‌ها
	تصویربرداری مادون قرمز
ابعاد ذرات (مواد جامد)	تکنیک‌های آنالیز تصویر
ابعاد ذرات (پالپ)	تجهیزات مافوق صوت
	تجهیزات مکانیکی
pH	الکترودهای ویژه
	پروپ‌های هدایتی
فلزات آزاد	تجهیزات مغناطیسی
بار آسیا	وسایل مبتنی بر توان صوتی

وظیفه ابزار، اندازه‌گیری حالت پایا و رفتار ناپایداری فرآیندها است. معمولا طراحی تجهیزات شامل فعالیت‌های اعمال شده به شاخه‌های آموزشی مختلف می‌شود که یک مهندس فرآوری همه آنها را نیاز ندارد اما باید از قابل اطمینان بودن آنها آگاه باشد که اجرای صحیح تجهیزات و همچنین حساسیت آنها را شامل می‌شود. به علاوه، ضروری است که از کمینه کردن اثر باردهی به آنها و از این که سیگنال بدون تضعیف در بزرگی یا تغییر فاز عبور کند، مطمئن شود. برای اغلب تجهیزات نرم افزارهای از سوی کارخانه سازنده در اختیار واحد قرار می‌گیرد. خطای تجهیزاتی ذاتا از ساختار مکانیکی و بخش-های الکتریکی ناشی می‌شود. این محدودیت مهم را باید در مرحله انتخاب تجهیزات معلوم باشد. تجهیزات معمول که سطح کنترل تنظیمی را در واحدهای فرآوری مواد معدنی پوشش می‌دهد در جدول ۱ نشان داده شده است [۱].

جدول (۱) نمونه‌ای از تجهیزات مورد استفاده در واحدهای فرآوری [۷]

تجهیزات	ویژگی اندازه‌گیری شده
وزن سنج	اندازه‌گیری وزنی جریان مواد، معمولا قسمت کوچکی از طول نوار نقاله به سلول-های بار اختصاص داده می‌شود
شاخص ارتفاع	ارتفاع توسط ابزارهای مافوق صوت، اختلاف فشار و یا توسط گلوله‌های شناور ثبت می‌شود
دبی سنج	اندازه‌گیری دبی وزنی جریان توسط روش-های غیر تهاجمی مانند دبی سنج‌های مغناطیسی و مافوق صوت، و روش‌های تهاجمی شامل دبی سنج‌های اوریفیس (Orifice)
چگالی سنج	اندازه‌گیری چگالی پالپ به صورت متمرکز با چگالی سنج اشعه گاما یا برداشتن نمونه و اندازه‌گیری با چگالی سنج‌های دیگر
فشار	اندازه‌گیری فشار یا فشار تفاضلی سیستم-های هیدرولیکی یا پنوماتیکی و اندازه-گیری دما
آنالیز کننده ابعاد ذرات	اندازه‌گیری ابعاد ذراتی که از سرندهای مشخصی عبور می‌کنند
شاخص pH	اندازه‌گیری درجه اسیدی یا قلیایی محلول
مبدل A/D-D/A	تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال و دیجیتال به آنالوگ
تضعیف کننده	تبدیل دامنه سیگنال‌های ورودی-خروجی

- [4] Coughanowr, D.R., "Process systems analysis and control", Second Eds., Mc- Grawhill chemical engineering series, 566, 1991
- [5] Flintoff, B., "Introduction to process control in mineral processing plant design, practice, and control", Mular, A.L., Halbe, D.N and Barratt, D.J (Eds), 2051-2063, 2001
- [6] Christie, D.J and Chase, P.W., "Automatics controls in mineral processing handbook", Weiss, N(Eds), Section 31, 1-16, SME, AIME, 1985
- [7] Smith, G.C., Jordaan, L., Singh, A., Vandayar, V., Smith, V.C., Muller, B and Hulbert, D.G., "Innovative process control technology for milling and flotation circuit operations", The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, 353-366, 2004

سلول‌های بار

کرنش سنج‌ها

تاکومتر

سرعت

مراجع

- [۱] مهندس عبیدی، کنترل اتوماتیک، جزوه درسی، دانشکده فنی اراک، ۱۳۸۶
- [2] Gupta, A., and Yan, D., "Control process in mineral processing design and operation: an introduction", 622-671, 2006
- [3] Jain, S.K., "Sampling, mill control and computer in ore processing in mineral processing", Ch. 19, 463-483, CBS, 2001

استخراج اورانیوم از آب دریا

ژاپنی‌ها از معدود کشورهای قدرتمند اقتصادی هستند که علیرقم جمعیت زیادی که دارند از ضعف منابع طبیعی رنج می‌برند. تقریباً تمام سیستم تامین برق ژاپن مبتنی بر انرژی هسته‌ای می‌باشد لذا تامین سوخت راکتورهای ژاپن بسیار حائز اهمیت است. در همین راستا دانشمندان مراکز مختلف ژاپن بر روی راه‌های تامین اورانیوم مورد نظر برای تامین سوخت راکتور ها کار کرده‌اند. یکی از منابع با ارزش اورانیوم ابهای آزاد هستند که چیزی بالغ بر ۴,۵ میلیارد تن اورانیوم به صورت یون اورانیوم تخمین زده می‌شود که برای تامین شش هزار سال برق کره زمین کافی است. اخیراً یک دانشمند ژاپنی موفق به تولید فیلتری شده است که از خرمالو تهیه شده است. با این فیلتر ژاپن میتواند هزینه‌های خود برای خرید اورانیوم از کشورهای دیگر را به شکل قابل توجهی کاهش دهد و عملاً به منبع عظیمی از این ماده دست پیدا کند و چه بسا در آینده‌ای نه چندان دور صادر کننده اورانیوم بشود. البته پژوهش‌هایی دیگر هم در مناطق مختلف جهان انجام شده است که نشان دهنده عزم برای دسترسی به این منبع بزرگ اورانیوم هست. البته ابهای آزاد حاوی مواد دیگری هم هستند که میتوان در آینده آنها را برداشت کرد و مواد موجود در خود ابهای آزاد جدای از مواد معدنی در بستر کف دریاست.

محمد حیدری

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر



مروری بر مهم ترین روش های نوین پهنه بندی خطر زمین لغزش

امیر محمد ابهری^۱، حسین حسنی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن - اکتشاف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، (abhary.m@aut.ac.ir)

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، (hhassani@aut.ac.ir)

چکیده

بلایای طبیعی هر سال خسارات زیادی به منابع مالی و انسانی در سراسر دنیا وارد می سازند. یکی از دغدغه های بشر از بدو خلقت چگونگی مقابله با این حوادث بوده است. به تدریج و با پیشرفت علوم گوناگون رویکردی که تنها به چگونگی جان سالم به در بردن از حوادث معطوف بود؛ به چگونگی پیشگیری و به حداقل رساندن خسارات و نحوه از درگیری زندگی عادی پس از یک حادثه تغییر یافت. یکی از حوادثی که همه ساله به سبب شرایط گوناگون زمین شناسی و اقلیمی در کشور خود با آن مواجه هستیم؛ زمین لغزش است. زمین لغزش ها که عمدتاً رویکرد منفی داشته و برای جوامع تهدید محسوب می شوند نیاز به مدیریت صحیح در مراحل پیش؛ حین و پس از وقوع دارند. در این نوشتار کوشیده شده است تا با بررسی مفاهیم اولیه زمین لغزش و زلزله، مروری اجمالی بر مبانی نظری پایداری دامنه ها، بررسی انواع حرکات دامنه ها، ذکر مبانی روش های نوین پهنه بندی خطر زمین لغزش و بررسی روش ها و رویکردهای پهنه بندی خطر و انتخاب بهینه این روش ها پرداخته شد. برخی طبقه بندی های یادشده تنها متکی به دانش کارشناس بوده و در برخی از آن ها مانند شبکه های عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان تحلیل وضعیت با توجه به داده های قبلی و بر پایه استخراج روابط میان داده ها صورت می گیرد. علی رغم گسترش نسبتاً خوب به کارگیری انواع شبکه های عصبی، قابلیت های الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در طبقه بندی داده های مرتبط با علوم زمین در سطح دنیا کم تر از سایر روش ها به کار گرفته شده است. روش های نوین ذکر شده هرکدام دارای نقاط قوت و ضعفی هستند که در انتخاب روش مطلوب باید مؤلفه های مختلفی را در نظر گرفت، اما آنچه مسلم است، همه این روش ها قادرند تا با حداقل داده ها و هزینه ها و در زمانی بسیار کم، نتایجی با صحت و دقت بالا را ارائه نمایند.

واژه های کلیدی

زمین لغزش، پهنه بندی خطر، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی مصنوعی، تحلیل سلسله مراتبی

مقدمه

سوانح طبیعی بخشی از محیط زیست ما انسان ها می باشد. سوانح طبیعی تبعیضی بین افراد یک جامعه با دیگر جوامع ایجاد نمی کند. به طور اعم هیچ بحرانی تنها و به طور کامل بستگی به عوامل طبیعی ندارد. ساخت و ساز بی رویه انسان ها در حریم گسل ها، مسیل سیل ها و همچنین دیگر عواملی که به دست بشر و بدون توجه به پتانسیل و خطرات بالقوه منطقه ای انجام می گیرد، به تشدید بحران ها و فجایع انسانی می افزاید. بدین صورت است که بحران ها به عوامل بسیار زیادی از جمله عوامل طبیعی و انسانی بستگی دارد در نتیجه ساختار بسیار پیچیده ای به خود می گیرد که مبارزه با آنها نیز عملاً بسیار پیچیده و دشوار می نماید [۱].

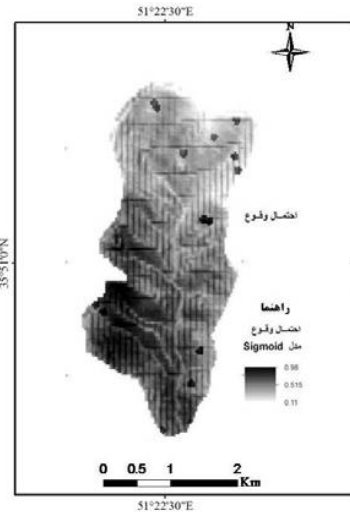
از آنجا که شناخت و بررسی خطرات به طور اساسی به بررسی دقیق شرایط محلی کشور ارتباط داشته معمولاً جهت این گونه بررسی ها نیاز بسیار زیادی به نظرات مؤسسات تخصصی و مسئولین ذی صلاح و همچنین آمار و اطلاعات جمع آوری شده مربوط به بحران های گذشته را دارد. بررسی های شناخت خطر به طور معمول شامل مکان یابی و نقشه ریز پهنه بندی محل های خطر می باشد و این گونه نقشه ها مکان هایی را که احتمال وقوع بحران های طبیعی و یا ساخته بشر در آنجا وجود دارد به طور مشخص تعیین می نماید [۲]. نمونه ای از یک نقشه حساسیت وقوع زمین لغزش در شکل ۱ آورده شده است.

حرکت روی دامنه‌ها، تابعی از پایداری دامنه‌هاست و پایداری در برابر تنش‌های برشی، پایداری برشی^۳ نامیده می‌شود [۴].

پایداری برشی تابع سه عامل اصلی زاویه اصطحکاک داخلی، تنش مؤثر و همچسبی معرف فشردگی سیمانی و زنجیره‌های ارتباطی الکتروشیمیایی بین مواد است. هنگامی که تنش مؤثر بر جسم یا ماده‌ای افزایش یابد، آن جنس یا ماده به تدریج تغییر شکل می‌دهد. تغییر شکل در مواد طی سه مرحله‌ی اساسی الاستیک، پلاستیک و گسیختگی روی می‌دهد. چنانچه پس از رفع تنش مؤثر جسم یا ماده به حالت اولیه‌ی خود برگردد این حالت را الاستیک می‌گویند. اگر تنش مؤثر بر جسم از حد کشسانی تجاوز کند تغییر شکل خمیری در جسم یا ماده رخ می‌دهد. اگر تنش مؤثر بر جسم به تدریج اضافه شود پس از مرحله خمیری، شکستگی در جسم ایجاد شده و جسم یا ماده نهایتاً گسیخته می‌شود. برای خاک‌ها رس‌ها و مواد مشابه مراحل تغییر شکل به وسیله حدود آتربرگ^۴ نشان داده می‌شود. میزان افزایش آب و رطوبت در اینگونه مواد باعث تغییر شکل آن‌ها و بروز ناپایداری می‌شود. مراحل سه‌گانه این حدود شامل حد چروکیدگی^۵ یا انقباض، حد موم سانی^۶ یا خمیری و حد آگونگی^۷ هستند که در آن‌ها به تدریج بر میزان آب و رطوبت ماده افزوده می‌شود. در حالت کشسانی مقدار تنش مؤثر بر خاک یا توده مواد به حدی نیست که تغییر شکل در آن ایجاد کند لذا در این حالت توده پایدار است. اگر وضعیت به حد چروکیدگی یا انقباض برسد یعنی حجم آب و مقدار تنش مؤثر افزایش یابد، آنگاه حرکت اتفاق خواهد افتاد و توده ناپایدار می‌گردد؛ بنابراین چنانچه تنش مؤثر و حجم آب افزایش یابند در کنار اثر نیروی گرانش (ثقل) باعث ناپایداری توده می‌گردند. در این هنگام تنها عمل اصطحکاک و هم چسبی مواد در برابر حرکت، مقاومت خواهد کرد؛ لذا چنانچه مجموع نیروهای محرک گسیختگی و ناپایداری یعنی نیروی گرانش (ناشی از شیب تند یا توده لغزنده سنگین)، تنش‌های برشی و درصد آب و فشار آب منفذی بالا، بیشتر از مجموع نیروهای مقاومتی (اصطحکاک و هم چسبی) باشند توده ناپایدار می‌گردد.

تعریف و مفهوم زمین لغزش

زمین لغزش فرمی از فرایندهای دامنه‌ای است که به جا به جایی و حرکت روبه پایین مواد، خاک و سنگ‌ها در دامنه اشاره دارد. فرم اولیه یک دامنه که در اثر عوامل درونی به وجود آمده با گذشت زمان به وسیله عوامل بیرونی به صورت مختلف هوازدگی تخریب و جا به جایی شکل ثانویه‌ای به خود می‌گیرد. حرکات توده‌ای و زمین لغزش‌ها در واقع از فرایندهای اصلی مسئول تغییر شکل دامنه‌ها هستند که وقوع آنها تبعات زیست محیطی و اقتصادی بسیار با اهمیتی را به دنبال



شکل (۱) نمونه‌ای از یک نقشه حساسیت وقوع زمین لغزش بر اساس تابع حلقوی در روش SVM [۳].

مروری اجمالی بر مبانی نظری پایداری دامنه‌ها

سیستم دامنه‌ای، نظامی از عناصر و تأثیر دینامیکی آنها بر یکدیگر است که باعث تغییر شکل اولیه دامنه شده و در نهایت به ایجاد شرایط تعادل و پایداری میل دارد. در این میان عوامل چندی موجب بروز ناپایداری در دامنه‌ها می‌شوند که نیروی گرانش اصلی‌ترین آنهاست. در صورت بروز شرایط ناپایداری، مواد دامنه‌ای به طرف پایین جا به جا شده و لغزش و حرکت توده‌ای رخ می‌دهد.

مبانی نظری پایداری دامنه بر اصول ریاضی و دانش تغییر شکل مواد و جریان‌ها (علم رئولوژی) استوار است و اصول و بنیادهای آن را می‌توان به تفصیل در کتب و نوشته‌های مربوط به ژئوتکنیک و مکانیک خاک یافت. در اینجا تنها به اشاره مختصری به مبانی نظری پایداری دامنه‌ها و نیروهای مؤثر بر آن خواهد شد سپس شرایط ذاتی و بنیادین مؤثر در لغزش بیان شده و نهایتاً علل مؤثر در لغزش و حرکت توده‌ای دسته‌بندی می‌شود.

مطالعه رفتار مواد دامنه‌ای بخشی از دانش رئولوژی است (علم جریان و تغییر شکل مواد) است که در برگیرنده مفاهیم نیروی مکانیکی و مقاومت می‌باشد. حرکت مواد بر روی شیب‌ها به صورت عام تابع قانون حرکت مواد و اجسام بر روی سطوح شیب‌دار است. فرآیند حرکت در طول سطوح (برش) نامیده می‌شود و غالباً به صورت لغزیدگی است که اصطحکاک از آن ممانعت به عمل می‌آورد. شدت نیروهای مؤثر بر جسم یا ماده (تنش) نامیده می‌شود که به صورت یک کمیت برداری بوده و مشتمل بر دو نوع تنش عمودی و تنش^۲ مماسی یا برشی است. دامنه‌ها اغلب در اثر اعمال نیرو به وسیله تنش‌های برشی، در طول سطوح برشی مستقیم یا مدور ناپایدار می‌شوند. مقدار مقاومت در برابر

3. Shear strength
4. Atterberg limits
5. Shrinkage limit
6. Plastic limity
7. Liquid limit

1. Shear
2. Stress

روش‌های نوین پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

تاکنون روش‌های مختلفی جهت پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ارائه شده‌اند. صحت و یا خطای هر کدام از این روش‌ها و همچنین به کارگیری و مقایسه هر کدام از این روش‌ها، نیازمند دانستن مبانی و پایه‌هایی است که روش‌ها بر آن استوارند. از این رو در این مطالعه به بررسی روش‌های:

۱. روش آماری دو متغیره ارزش اطلاعات
۲. روش آماری دو متغیره تراکم سطح
۳. روش داده محور
۴. روش تحلیل سلسله مراتبی
۵. الگوریتم SVM
۶. شبکه پرسپترون چندلایه

پرداخته شده است. کوشیده شده است تا در حد مطلوب مبانی و روابط ریاضی حاکم بر این روش‌ها معرفی گردد و از ذکر مطالب اضافی که سبب تطویل نوشته می‌شوند، خودداری شود.

۱- روش آماری دو متغیره ارزش اطلاعات

این روش با توجه به رابطه متغیرهای مؤثر در رخداد زمین لغزش با پراکندگی زمین لغزش‌ها اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش می‌شود [۸]. بر این اساس وزن و سهم هر یک از پارامترها در رخداد زمین لغزش بر اساس رابطه ۱ به دست می‌آید [۹]-[۱۲]:

$$\ln W_i = \ln \left(\frac{\text{Densclass}}{\text{Densmap}} \right) = \ln \left(\frac{\frac{N_{\text{pix}}(\text{Si})}{N_{\text{pix}}(\text{Ni})}}{\sum N_{\text{pix}}(\text{Si}) / \sum N_{\text{pix}}(\text{Ni})} \right) \quad (1)$$

که در آن W_i وزن مربوط به طبقه مشخص از یک متغیر، Densclass تراکم زمین لغزش در طبقه مشخص از یک پارامتر، Densmap تراکم زمین لغزش در کل محدوده، $N_{\text{pix}}(\text{Si})$ تعداد سلول‌ها یا مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در هر طبقه از پارامتر، $N_{\text{pix}}(\text{Ni})$ تعداد سلول‌ها یا مساحت کل هر طبقه از پارامتر هستند.

پس از تهیه نقشه‌های وزنی مربوط به پارامترهای مؤثر در رخداد زمین لغزش، همه آن‌ها با هم جمع شده و یک نقشه وزنی تجمعی به دست می‌آید. در مورد مقدار عددی وزن‌ها، هر چه عدد منفی‌تر باشد، نشان‌دهنده تأثیر کمتر پارامتر مربوطه در رخداد زمین لغزش و عدد مثبت‌تر نشان‌دهنده تأثیر بیشتری است.

۲- روش آماری دو متغیره تراکم سطح

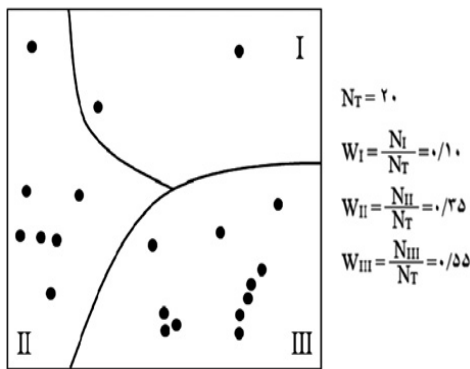
در این روش مانند روش ارزش اطلاعاتی از طریق روابط (۲) و (۳)، برای هر نقشه عامل یا پارامتر، تراکم زمین لغزش محاسبه

دارد. در بسیاری از متون زمین لغزش اصطلاحی است عام و رایج که برای بررسی و اشاره به حرکت و جا به جایی رو به پایین خاک و مواد سنگی در دامنه‌ها بکار می‌رود. این واژه به طور گسترده‌ای به وسیله مهندسان و پژوهشگران مرتبط با موضوع استفاده می‌شد و اکنون نیز واژه‌های مصطلح و رایج است. مفهوم زمین لغزش در شکل عامیانه خود در برگیرنده کلیه حرکات دامنه است که تحت تأثیر عوامل مختلف بر روی شیب‌ها رخ می‌دهند اما باید خاطر نشان ساخت که اصطلاح حرکات توده‌ای در این زمینه واژه‌ای جامع‌تر و رساتر است. «حرکات توده‌ای شامل تمامی جا به جایی‌ها و جداشدگی‌های خاک و مواد سنگی به صورت توده‌ای است که تحت تأثیر نیروی گرانش رخ می‌دهد» [۵]. این تعریف به طور جامعی تمامی حرکات‌های دامنه‌ای اعم از کوچک و بزرگ، سریع و کند را در برمی‌گیرد. لیکن خزش در داخل این تعریف قرار نمی‌گیرد. چنانچه منظور در نظر گرفتن کلیه حرکات توده‌ای و غیر توده‌ای (نظیر خزش) باشد، در این هنگام باید از اصطلاح حرکات دامنه‌ای استفاده کرد.

ترازایی در سال ۱۹۵۰ زمین لغزش را اینگونه تعریف کرده است: زمین لغزش جا به جایی سریع توده سنگی، خاکی یا رسوب‌های نهشته شده بر دامنه‌ها است. مرکز ثقل توده لغزشی در جهت پایین و خارج از محل شروع کشیده می‌شود و سرعت حرکت مواد در زمین لغزش نمونه‌وار صفر تا حداقل یک پا در هر ساعت افزایش می‌یابد [۶].

نیک‌اندیش معتقد است که زمین لغزش‌ها دسته‌ای از حرکات توده‌ای می‌باشند که جا به جایی مواد سنگی و خاکی دامنه‌ها تحت تأثیر نیروی گرانش را در بر می‌گیرند و دارای سطح گسیختگی مشخص هستند و براساس معیارهای ویژه‌ای خود به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. در این تعریف نیک‌اندیش زمین لغزش‌ها را نوعی از حرکات توده‌ای دانسته در حالی که شریعت جعفری در تعریف خود زمین لغزش‌ها را مرادف با حرکات توده‌ای در نظر گرفته. شریعت جعفری در سال ۱۳۷۵ زمین لغزش‌ها را اینگونه تعریف می‌نماید «زمین لغزش عبارتست از کلیه حرکات و گسیختگی‌های شیبی یا دامنه‌ای نسبتاً سریع که با کاهش ناگهانی ضریب اطمینان به سطح پایین‌تر از یک، تحت تأثیر غلبه نیروهای مخرب یا مهاجم بر نیروهای مقاوم در سطوح شیب‌دار به وقوع می‌پیوندد» [۷].

وقوع حرکات توده‌ای باعث تغییر شکل ناهمواری‌ها و دامنه‌ها شده و حجم قابل توجهی از مواد را به سمت پایین منتقل می‌کند. عمل فرسودن و پست کردن زمین به وسیله حرکات توده‌ای و سایر فرم‌های فرسایشی تخریب توده‌ای نامیده می‌شود بنابراین آن دسته از جاه‌جایی‌های دامنه‌ای که به صورت توده‌ای رخ می‌دهند حرکات توده‌ای نامیده می‌شوند [۷]



شکل (۲) تعیین وزن هر بخش از کل سطح بر پایه درصد تعداد نمونه در آن [۱۵].

۴- روش تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) شناخته شده‌ترین و مورد استفاده‌ترین روش نسبت‌دهی چند معیاری است [۱۶]. روش AHP امکان تعیین اهمیت نسبی مجموعه‌ای از متغیرهای موجود در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاری را فراهم می‌کند. این روش موجب ترکیب قضاوت در مورد معیارهای کیفی غیرقابل مشاهده در کنار معیارهای کمی محسوس می‌شود [۱۷]. به طور کلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر سه اصلی زیر استوار است [۱۸]:

۱. ایجاد یک سلسله مراتب
۲. قضاوت مقایسه‌ای میان گزینه‌ها و معیارها
۳. ترکیب اولویت‌ها

در مرحله اول روش AHP، یک مسئله چند معیاری در ابتدا به سلسله مراتبی از عناصر تصمیم‌گیری وابسته به هم (اهداف، نسبت‌ها، معیارها، گزینه‌ها و ...) تقسیم می‌شود که در یک ساختار سلسله مراتبی مشابه با سطوح شجره‌نامه خانوادگی به ترتیب قرار می‌گیرند. در این ساختار، هدف کلی مسئله در بالا، معیارهای چندگانه که گزینه‌ها را تعریف می‌کنند در وسط و گزینه‌های تصمیم‌گیری در پایین جای می‌گیرند [۱۹] (شکل ۳). در مرحله دوم پس از ایجاد ساختار سلسله مراتبی، چگونگی اولویت‌بندی به منظور تعیین اهمیت نسبی معیارها در هر سطح آغاز می‌شود. اولویت نسبی داده شده به هر عنصر در سلسله مراتب، با مقایسه سهم دو به دو هر عنصر در یک سطح پایین با توجه به معیار (عناصر) با یک رابطه علت و معلولی تعیین می‌شود [۲۰]. مقایسه‌های زوجی چندگانه بر پایه یک مقیاس مقایسه استاندارد با ۹ سطح توسط کارشناسان خبره به عنوان تصمیم‌گیرندگان به صورت قضاوت‌های شفاهی و با مقداردهی عددی انجام می‌شود. در مرحله سوم این روش، پس از مقایسه زوجی میان عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح، اولویت‌ها توسط یک ماتریس وزن‌ها و به صورت ریاضی با هم ترکیب می‌شود و وزن عناصر به دست می‌آید [۲۱].

می‌شود و سپس مانند مراحل یادشده، در روشی ارزش اطلاعاتی اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش می‌شود [۱۳]:

$$D_{Darea} = \frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)} \quad (2)$$

$$W_{area} = 1000 \left[D_{area} - \frac{\sum Npix(SX_i)}{\sum Npix(X_i)} \right] \quad (3)$$

که در آن Darea تراکم زمین لغزش در هر رده از پارامتر، Npix(SX_i) تعداد پیکسل‌های زمین لغزش در هر رده از هر پارامتر مشخص، Npix(X_i) تعداد کل پیکسل‌ها در هر رده از پارامتر مشخصی، Warea وزن متغیر هر رده از هر پارامتر.

۳- روش داده محور

روش داده محور مبنای اصلی محاسبات در هر مطالعه آماری با کمک روش داده محور، وجود اطلاعاتی در مورد تعداد و مکان رخداد پدیده‌ها و عوامل مؤثر در ایجاد آن‌هاست. در این روش‌ها رابطه متغیر مؤثر در رخداد زمین لغزش با پراکنندگی زمین لغزش‌ها، مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌گیرد [۱۴]: بنابراین، از اطلاعات رخدادهای پیشین یک پدیده برای وزن دهی به عوامل اصلی مؤثر در ایجاد آن پدیده و وزن دهی به زیر لایه‌هایشان استفاده می‌شود و وزن و سهم مشارکت هر یک از متغیرهای مؤثر در رخداد زمین لغزش به دست می‌آید [۱۵]. در روش داده محور اگر فرض شود چندین عامل مهم در ایجاد یک پدیده نقش داشته باشند، وزن هر یک از این عوامل اصلی از تقسیم تعداد دفعات تکرار آن عامل به تعداد کل رخداد عوامل مؤثر به دست می‌آید. برای به دست آوردن وزن زیر لایه‌های هر عامل اصلی مؤثر، مسئله به این صورت روشن می‌شود که اگر برای نمونه، از یک پدیده (مانند زمین لغزشی) ۲۰ عدد نمونه رخداد مطلوب وجود داشته باشد که تعدادی عامل اصلی در ایجاد آن پدیده نقش داشته و یکی از آن عوامل اصلی (مانند جنسی زمین‌شناسی) سه زیر لایه I، II و III (مانند خاک، سنگ نرم و سنگ سخت) داشته باشد، وزن هر زیر عامل برابر نسبت نمونه‌های منتسب به آن گزینه به کل نمونه‌های رخداد پدیده است. با این شرط که هر داده حتماً و بیشینه به یک گزینه منتسب باشد (شکل ۲). پس از تعیین مقدار وزن‌های عوامل اصلی و زیر لایه‌های هر یک از آن‌ها، برای به دست آوردن وزن پایانی هر جزء از نقشه، باید وزن پایانی هر زیر لایه در کل را به دست آورد که نشانگر میزان اهمیت آن ویژگی در کل است. اگر لایه‌های عوامل اصلی به بخش‌های زیر لایه‌ها تقسیم و برای هر زیر لایه، مقدار وزن آن قرار داده شود، برای هر عامل نقشه رده‌بندی تولید می‌شود که هر بخشی از آن، مقداری برابر وزن زیر لایه خود را دارد. چنانچه مقادیر هر یک از نقشه‌های رده‌بندی وزن داده شده در وزن خود عامل اصلی ضرب و همه این نقشه‌ها با هم جمع شوند، نقشه پایانی دارای نواحی مختلفی است که هر ناحیه آن مقدار دارد و به عنوان نقشه پهنه‌بندی ارائه می‌شود.

$$\frac{1}{2} \|W\|^2$$

که منوط به محدود کردن زیر است:

$$Y_i ((w \cdot x_i) + b) \geq 1$$

که $\|W\|$ قاعده‌های از فرا طرح نرمال بوده یک پایه عددی بوده و (.) مشخص‌کننده عمل تولید عددی است. با استفاده از چند ضریبی لاگرانژیان ارزش محاسبه عملکردی می‌تواند تعریف شود به عنوان:

$$L = \frac{1}{2} \|W\|^2 - \sum_{i=1}^n \lambda_i (y_i ((w \cdot x_i) + b) - 1)$$

که λ_i چند ضریبی لاگرانژیان است. این راه‌حل می‌تواند از طریق کمینه‌سازی دوتایی رابطه فوق محاسبه شود. ارزش‌گذاری متغیرهای W و B در طی روش‌های استاندارد صورت گرفته است:

$$y_i ((w \cdot x_i) + b) \geq 1 - \varepsilon_i$$

که رابطه ۴ می‌شود:

$$L = \frac{1}{2} \|W\|^2 - \frac{1}{vn} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (4)$$

که (۱۰۰) V معرفی به حساب شده برای طبقه‌بندی [۲۴] و [۲۵] است. به‌علاوه [۲۲] یک عملکرد هسته‌ای به شمارش برای مرز تصمیم غیرخطی معرفی کرد. انتخاب عملکرد هسته‌ای در مدل SVM خیلی مهم است. اگرچه توابع هسته‌ای $K(X_i, X_j)$ زیادی قبلاً پیشنهاد و استفاده شده‌اند. تنها بعضی از آن‌ها برای کار در طیف گسترده‌ای از کاربردها مفید شناخته می‌شوند. آن‌هایی که این مهارت‌ها را نشان می‌دهند عبارت‌اند از:

۱. تابع خطی:

$$K(x_i, x_j) = x_i^T \cdot x_j$$

۲. تابع چند جمله‌ای:

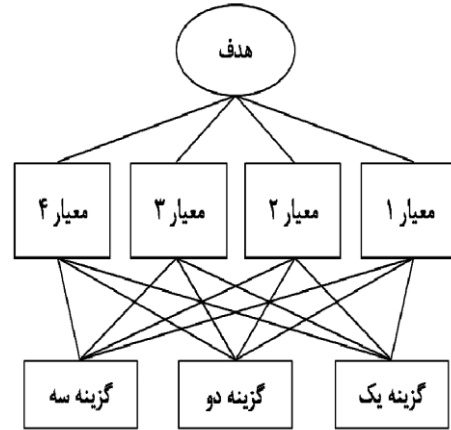
$$K(x_i, x_j) = (\gamma \cdot x_i^T \cdot x_j + r)^d, \gamma > 0$$

۳. تابع پایه شعاعی:

$$K(x_i, x_j) = e^{-\gamma(x_i - x_j)^2}, \gamma > 0$$

۴. تابع حلقوی:

$$\tanh(\gamma \cdot x_i^T \cdot x_j + r)$$



شکل (۳) ارتباط عناصر تصمیم‌گیری در یک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی [۲۱].

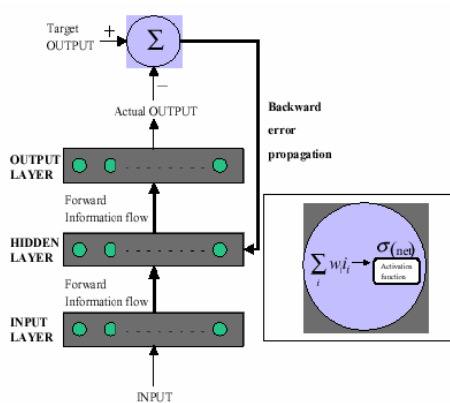
۵- الگوریتم SVM

الگوریتم SVM، پایه تئوری یادگیری آماری بنا شده است. بر اساس این تئوری می‌توان کران نرخ خطای ماشین یادگیری را برای داده‌های طبقه‌بندی نشده، به عنوان نرخ خطای تعمیم‌یافته، در نظر گرفت. این کران‌ها به عنوان تابعی از مجموع نرخ خطاهای آموزشی هستند که میزان پیچیدگی طبقه‌بندی‌کننده‌ها را نشان می‌دهند. به منظور کمینه کردن نرخ خطاهای تعمیم‌یافته، باید نرخ خطای آموزش و پیچیدگی طبقه‌بندی‌کننده کاهش یابد. این کار را می‌توان با بیشینه کردن حاشیه جداسازی انجام داد؛ بنابراین، از آنجایی که حاشیه جداسازی به بعد داده‌های ورودی بستگی ندارد، این طبقه‌بندی‌کننده، کارایی مناسبی دارد. الگوریتم SVM که در دو دهه اخیر استفاده از آن گسترش یافته بر پایه انتقال غیرخطی همگام با یک ابعاد بالای فضای ویژه است [۲۲]. دو ایده اصلی زمینه مدل‌سازی SVM برای مشخص کردن نوع مشکلات آماری وجود داشت. اولین آن یک فرا طرح مجزای خطی بهینه است که الگوهای داده‌های مجزا هستند. دومین ایده استفاده از توابع هسته‌ای برای تبدیل الگوهای داده‌های غیرخطی اصلی به فرمتی است که خطی مجزا در یک فضای ویژه ابعاد بالا است [۲۳]. جزئیات توضیحی درباره دو کلاس مدل‌سازی SVM در پژوهشی آمده که به‌طور خلاصه از این قرار است [۲۳]:

در نظر گرفتن مجموعه‌ای از سلول‌های آموزشی مجزای خطی

$$X_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

سلول‌های آموزشی شامل دو کلاس بوده که مشخص می‌شوند به عنوان $y_i = \pm 1$. هدف مدل SVM جستجوی یک فرا طرح افتراقی N -ابعادی در دو کلاسی بوده که به وسیله شکاف حداکثری آن‌ها مشخص می‌شود. از نظر ریاضی این می‌تواند آورده شود به عنوان:



شکل (۴) عملکرد قاعده‌ی پس انتشار خطا (BP) [۲۸].

نتیجه گیری

سوانح طبیعی بخشی از محیط زیست ما انسان‌ها می‌باشد. سوانح طبیعی تبعیضی بین افراد یک جامعه با دیگر جوامع ایجاد نمی‌کند. به طور اعم هیچ بحرانی تنها و به طور کامل بستگی به عوامل طبیعی ندارد. ساخت و ساز بی‌رویه انسان‌ها در حریم گسل‌ها، مسیل سیل‌ها و همچنین دیگر عواملی که به دست بشر و بدون توجه به پتانسیل و خطرات بالقوه منطقه‌ای انجام می‌گیرد، به تشدید بحران‌ها و فجایع انسانی می‌افزاید. بدین صورت است که بحران‌ها به عوامل بسیار زیادی از جمله عوامل طبیعی و انسانی بستگی دارد در نتیجه ساختار بسیار پیچیده‌ای به خود می‌گیرد که مبارزه با آنها نیز عملاً بسیار پیچیده و دشوار می‌نماید.

حرکات دامنه‌ای به علت تنوع زیاد به روش‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. پارامترهای توصیف و طبقه‌بندی انواع حرکت شامل نوع مواد، اندازه مواد، شکل هندسی گسیختگی، سرعت نسبی حرکت، سن حرکت، زمین‌شناسی تحت‌الارضی، علل حرکت، خواص ژئوتکنیکی مصالح، ساز و کار حرکت و ... است.

سیستم مدیریت بحران کشور از گذشته تاکنون بیانگر آن است که یکی از دغدغه‌های اصلی کشور تلاش برای تأمین ایمنی در مواجهه با بلایای طبیعی و انسان ساز بوده و در این حوزه قوانین و مقررات متعددی در برهه‌های زمانی مختلف وضع شده است. از آنجا که شناخت و بررسی خطرات به طور اساسی به بررسی دقیق شرایط محلی کشور ارتباط داشته معمولاً جهت اینگونه بررسی‌ها نیاز بسیار زیادی به نظرات مؤسسات تخصصی و مسئولین ذیصلاح و همچنین آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به بحران‌های گذشته را دارد. بررسی‌های شناخت خطر به طور معمول شامل مکان یابی و نقشه ریز پهنه‌بندی محل‌های خطر می‌باشد و اینگونه نقشه‌ها مکان‌هایی را که احتمال وقوع بحران‌های طبیعی و یا ساخته بشر در آنجا وجود دارد به طور مشخص تعیین می‌نماید.

زمین‌لغزش هر ساله منجر به خسارت‌های فراوان و جبران ناپذیری، به خصوص در مناطق روستایی می‌گردد. علاوه بر نقش تخریبی این

که r و y و d پارامترهای توابع هسته‌ای هستند و به صورت دستی وارد می‌شوند. بعضی مواقع توابع هسته‌ای به عنوان پارامتر زیر استفاده می‌شوند:

$$\gamma = \frac{1}{2} \sigma^2$$

که σ در این یک پارامتر قابل تنظیم بوده که حاکمیت انجام هسته‌ای را دارد. اگر بالا گرفته شوند، رفتار نمایی تقریباً خطی و آنجایی که امکان از دست دادن غیرخطی در طرح‌های بزرگ ابعاد وجود دارد، درحالی‌که اگر پایین گرفته شوند، مرز تصمیم برای خطا در داده‌های آموزشی محسوس می‌شود.

۶- شبکه پرسپترون چند لایه

شبکه‌های عصبی الگوریتم‌های کامپیوتری هستند که می‌توانند روابط مهم مابین تعداد زیادی پارامتر خطی و غیرخطی را از یک بانک داده استخراج نموده و هم‌چنین قادر هستند این دانش را به منظور پیشگویی یا طبقه‌بندی یک مورد جدید همانند یک سیستم خبره بکار ببندند [۲۶]. به واسطه قابلیت منحصر به فرد شبکه‌های عصبی در تعمیم دادن عمومیت‌های حاکم در پایگاه داده در حین آموزش، از شبکه عصبی می‌توان برای تصمیم‌گیری در موارد جدید که قبلاً در اختیار شبکه قرار نگرفته استفاده کرد. به عبارت دیگر شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به انجام عملیاتی همانند سیستم‌های عصبی طبیعی می‌باشند و قادرند براساس محاسبات رویدادهای تجربی، قانون نهفته موجود در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل نمایند بدین دلیل به آن‌ها سیستم‌های هوشمند اطلاق می‌شود [۲۷].

مدل‌های مختلفی از شبکه‌های عصبی بر حسب کاربرد و عملکرد آن‌ها وجود دارد. یکی از انواع آن‌ها شبکه پرسپترون چند لایه است که نرون‌ها به صورت موازی با هم قرار گرفته‌اند و نرون‌های موجود در یک لایه با نرون‌های لایه‌های دیگر در ارتباط هستند که میزان تأثیر این ارتباطات، توسط پارامتری به نام وزن^۱ تعیین می‌شود. شبکه پرسپترون چند لایه به ترتیب شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است و تابع آستانه به شکل تابع سیگموئید یا تانژانت هیپربولیک در نظر گرفته می‌شود (شکل ۴). تعداد لایه‌های پنهان، تعداد نرون‌های موجود در هر لایه پنهان و نیز نوع تابع فعالیت به کار رفته در هر نرون می‌تواند تغییر نماید. برای تعیین تعداد هر یک از این پارامترها قاعده خاصی وجود ندارد. مناسب‌ترین راه برای انتخاب هر یک از این پارامترها، انتخاب حالات مختلف برای هر یک و بررسی کارایی شبکه‌های بدست آمده است تا در نهایت ساختاری که نسبت به دیگر ساختارها نتایج بهتری ارائه می‌کند، انتخاب گردد [۲۸].

۱. Connection Weight

- J. Intell. Manuf.*, vol. 15, pp. 491–503, 2004.
- [9] C. Macharis Springael, J., Brucker, K. D., and Verbeke, A, “**PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP,**” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 153, pp. 307–317, 2004.
- [10] C. J. Van Westen Van Duren, I., Kruse, H. M. G. & Tercien, M. T. G, “**GISSIZ,**” *ITC Pub*, vol. 15, p. 245pp–245pp, 1993.
- [11] S. Lee kyungduck, M., “**Statistical analysis of landslide susceptibility at Yonging,**” *Korea. Enviromented Geol.*, vol. 40, pp. 1095–1113, 2001.
- [12] K. J. Yin Yan, T. Z., “**Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks,**” *Proc. 5th Int. Symp. Landslides, Lausanne, Switserl.*, vol. 2, pp. 1269–1272, 1988.
- [13] C. J. Van Westen Rengers, N., Terlien, M. T. J. and Soeters, R, “**prediction of the Occurrence of slope Instability Phenomena through GISBased Hazard Zonation,**” *Resived 21 july. Accepted; 10 Janouvary. Instab. Zo. Part1 Exerc. ITC, Publ. Number 15*, 1996.
- [14] C. J. Van Westen Rengers, N., Terline, M. T. J. and Soeters, R, “**Predication of the occurrence of slope nstability phenomena through GIS – based hazard zonation,**” *Geol. Rundschav*, vol. 86, pp. 404–414, 1997.
- [15] C. J. Van Westen Rengers, N., Terline, M. T. J. and Soeters, R., “**Predication of the Occurrence of slope Instability Phenomena through GIS-Based Hazard Zonation,**” *Geol. Rundschau*, vol. 86, pp. 404–414, 1997.
- [16] C. J. Van Westen Van Duren, I., Kruse, H. M. G. & Tercien, M. T. G, “**GISSIZ,**” *ITC Pub*, vol. 15, p. 245pp–245pp, 1993.
- [17] S. Lee kyungduck, M., “**Statistical analysis of landslide susceptibility at Yonging,**” *Korea. Enviromented Geol.*, vol. 40, pp. 1095–1113, 2001.
- [18] T. L. Saaty, “**The Analytic Hierarchy Process,**” *New York McGraw Hill. Int.*, 1980.
- [19] M. A. Badri, “**A combined AHP-GP model for quality control systems,**” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. No.72, pp. 27–40, 2001.
- [20] M. Dagdeviren, “**Decisionmaking in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE,**” *J. Intell. Manuf.*, vol. 19, pp. 397–406, 2008.
- [21] E. Albayrak Erensal, Y. C, “**Using**

پدیده در جنگل‌ها، مراتع و اراضی کشاورزی، اثرات بسیار نامطلوبی در پر کردن مخازن سدها، انسداد کانال‌های آبیاری و زهکشی، تخریب جاده‌ها و راه‌آهن و راه‌های ارتباطی و مناطق مسکونی روستایی دارد؛ بنابراین مطالعه دقیق پدیده زمین‌لغزش در نقاط مختلف، به منظور جلوگیری از اثرات زیانبار آن در عرصه‌های منابع طبیعی و سایر بخش‌های توسعه عمرانی و اقتصادی کشور، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

تاکنون روش‌های مختلفی جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش ارائه شده‌اند. صحت و یا خطای هرکدام از این روش‌ها و هم‌چنین به‌کارگیری و مقایسه هرکدام از این روش‌ها، نیازمند دانستن مبانی و پایه‌هایی است که روش‌ها بر آن استوارند. اهم این روش‌ها عبارتند از: روش آماری دو متغیره ارزش اطلاعات، روش آماری دو متغیره تراکم سطح، روش داده محور، روش تحلیل سلسله مراتبی، الگوریتم SVM، شبکه پرسپترون چندلایه. در بین این روش‌ها، الگوریتم SVM یک روش کاربردی است که در سال‌های اخیر برای مطالعه زمین‌لغزش مورد توجه قرار گرفته است و در مقایسه با سایر روش‌ها از دقت بالایی برخوردار است.

مراجع

- [۱] ع. کرم، *مدلسازی کمی پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی حوضه آبخیز سرخون استان چهارمحال و بختیاری)*. رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس؛ بهار ۱۳۸۰.
- [۲] م. شریعت جعفری، *زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی)*. انتشارات سازه، چاپ نهضت، ۱۳۷۵.
- [۳] ع. اشقی فراهانی، “پایان نامه کارشناسی ارشد زمی نشناسی مهندسی، ارزیابی خطرنا پایداری دامن ههای طبیعی در منطقه رودبار با استفاده از تئوری فازی،” *دانشگاه تربیت معلم تهران* 142 p، ص-۱۴۲، ۱۳۸۰.
- [۴] ا. افلاکی، “آزمایشگاه مکان کی خاک،” *انتشارات علم وصنعت*، 156 p، ص-۱۵۶، ۱۳۶۸.
- [۵] س. ح. قدسی پور، “فرآیند تحلیل سلسله مراتبی،” *انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر* 232 p، no. 10, vol. 1، ص-۲۳۲، ۱۳۹۱.
- [۶] م. ب. منهاج، “مبانی شبکه های عصبی،” *دانشگاه امیرکبیر*، vol. 1, 1379.
- [7] USGS, “**Landslide Types and Processes,**” *Highw. Res. Board Spec. Rep.*, no. July, pp. 1–4, 2004.
- [8] E. Albayrak Erensal, Y. C, “**Using analytichierarchy process(AHP) to improve human performance: An application of multiple criteria decision making problem,**”

- natural slopes of Hong Kong,” *China. Geomorphol.*, vol. 101, pp. 572–582, 2008.
- [25] B. Scholkoph Smola, A.J., Williamson, R.C., Bartlett, P.L., “New support vector algorithms,” *Neural Comput.*, vol. 12, pp. 1207–1245, 2000.
- [26] T. Hastie Tibshirani, R., Friedman, J.H., “The Elements of Statistical Learning: Data Mining,” *Inference Predict. Springer Verlag, New York*, 2001.
- [27] T. Andes. Abstracts of 15th International Conference on Geomorphology Japan, 23–28 August, “*Trans. Japan. Geomorph. Uni.*,” vol. 22, no. 4, p. C-76, 2001.
- [28] K. T. Gomez H. Mather, P., “Artificial neural network application in landslide hazard zonation in the Venezuelian,” 2002.
- analytichierarchy process(AHP) to improve human performance: An application of multiple criteria decision making problem,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 15, pp. 491–503, 2004.
- [22] C. Macharis Springael, J., Brucker, K. D., and Verbeke, A, “PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 153, pp. 307–317, 2004.
- [23] V. N. Vapnik, “The Nature of Statistical Learning Theory. Springer Verlag, New York. Xu. C., F. Dai., X. Xu., Y. Lee,” 2012.
- [24] X. Yao Tham, L.G., Dai, F.C., “Landslide susceptibility mapping based on Support Vector Machine: a case study on

منابع الماس قطب جنوب

امروزه دانشمندان کشورهای مختلف در قطب جنوب در حال کاوش در مورد منابع موجود در این قاره آزاد هستند. اخیراً دانشمندان به نتایجی دست پیدا کرده اند که با توجه به بافت زمین شناسی و سنگ شناسی این قاره میتوان گفت که منابع عظیمی از الماس در قطب جنوب موجود هست. الماس ها در توده های کیمبرلیتی یافت میشوند که در کاوش های اخیر دانشمندان به این توده ها برخورد کرده اند و احتمال می رود که این یافته ها منتج به برداشت الماس شود اما با توجه به اینکه این قاره به هیچ کشوری تعلق ندارد و طبق معاهد های بین المللی قرار بر این شده که منابع عظیم تین قاره که شامل نفت و گاز هم میشود دست اندازی نشود آینده مبهمی برای این منابع رقم زده است. اما آنچه که مشخص است در صورت صحت و تقم وجود این منابع نیاز انسان تمام معاهد های بین المللی را شکسن خواهد داد چنان چه تا الان هم اینگونه بوده است. این شرایط برای قطب شمال هم به طور نسبی با ذخایر بسیار عظیم نفت وجود دارد اما این قاره تقریباً تحت تملک روسیه و چند کشور قرار دارد.

محمد حیدری

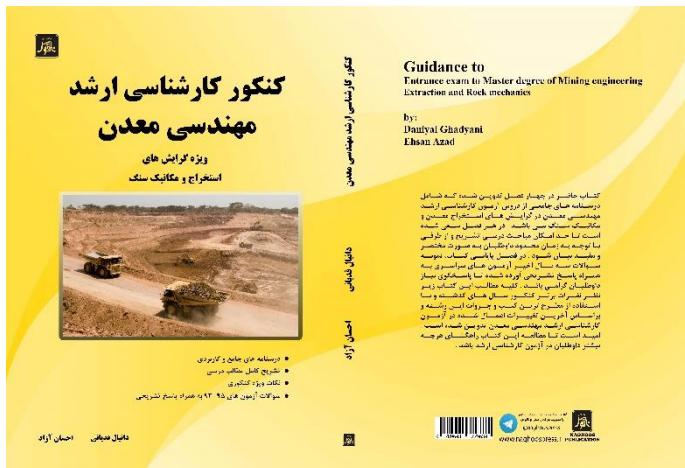
دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر



معرفی کتاب

کنکور کارشناسی ارشد مهندسی معدن، ویژه گرایش های استخراج و مکانیک سنگ

دانیال قدیانی، دانشجو کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر



در فصل اول کتاب، توصیه های لازم مربوط به دروس مختلف عمومی و تخصصی در قالب مشاوره آمده است. در آن سی شده است تا به مخاطب یک دید کلی از دورنمای آزمون کارشناسی ارشد داده شود تا با توجه به تغییرات اعمال شده در آزمون های سال ۹۵ با نگاه متفاوتی خود را برای آزمون آماده سازد.

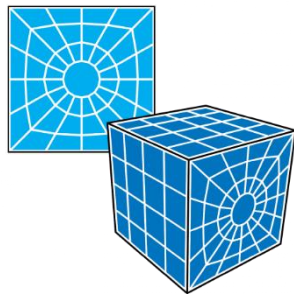
فصل دوم کتاب به تشریح دروس تخصصی گرایش های استخراج و اقتصاد و مدیریت معدنی می پردازد. این فصل شامل ۵ بخش معدن- کاری سطحی، معدن کاری زیرزمینی، اقتصاد معدنی، چالزنی و انفجار و تهیه در معادن می باشد. در این درسنامه که بیش از ۱۰۰ صفحه می باشد سی شده است با کمک نمودارها، شکل ها و گراف های مختلف به ساده ترین نحو ممکن مطالب مهم درسی بیان شود تا داوطلب به ساده ترین روش مفاهیم درسی را دریابد.

در فصل سوم کتاب، دروس تخصصی گرایش های مکانیک سنگ و تونل و فضاهای زیرزمینی مطابق با تغییرات جدید در سه بخش مکانیک سنگ (مبانی و تخصصی)، حفر چاه و فضاهای زیرزمینی، کنترل زمین و نگهداری آورده شده است. این درسنامه ۶۰ صفحه ای کلیه مطالب مورد نیاز داوطلب را پوشش خواهد داد.

در فصل چهارم نیز سوالات کنکور سه سال اخیر آورده شده که در انتهای آن پاسخ هر یک از سوالات به طور کامل تشریح شده تا داوطلبین با تست های مطرح شده در آزمون های کارشناسی ارشد آشنا شوند.

کتاب حاضر توسط دانیال قدیانی و احسان آزاد دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر به رشته تحریر در آمده است. این کتاب که توسط انتشارات ناقوس به چاپ رسیده در قالب ۴ فصل که شامل درسنامه های جامعی از دروس معدن و مکانیک سنگ می باشد. در هر فصل سی شده است تا حد امکان مباحث درسی تشریح و از طرفی با توجه به زمان محدود داوطلبان به صورت مختصر و مفید بیان شود. در فصل پایانی کتاب نمونه سوالات سه سال اخیر آزمون های سراسری به همراه پاسخ تشریحی آورده شده تا پاسخگوی نیاز داوطلبان گرامی باشد. کلیه مطالب این کتاب زیر نظر نفرات برتر کنکور سال های گذشته و با استفاده از مطرح ترین کتب و جزوات این رشته و بر اساس آخرین تغییرات اعمال شده در آزمون کارشناسی ارشد مهندسی معدن تدوین شده است.

به عقیده نگارندگان این کتاب، با توجه به نبود منبع مناسب و بروز از کتاب های کنکور منتشر شده در سال های اخیر که دارای طرح درس های مناسب و خلاصه شده در هر مبحث و همچنین تشریح سوالات کنکور سال های گذشته باشد، با چاپ این اثر سی شده است تا حد امکان نیازهای داوطلبین رشته مهندسی معدن برطرف گردد. در این کتاب سوالات کنکور سه سال اخیر دروس تخصصی در گرایش های استخراج و مکانیک سنگ به طور کامل تشریح شده و با توجه به درسنامه های جامع ارائه شده در آن تمامی سوالات به نحوی پاسخ داده شده اند.



معرفی نرم افزار 2D/3D FLAC

وحید حسین پور

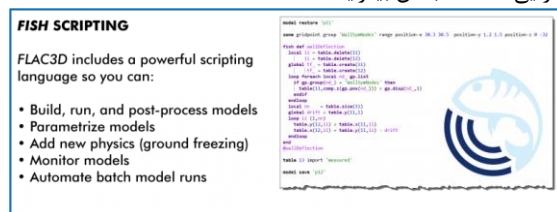
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (v.hp@aut.ac.ir)

ویسکوالاستیک.

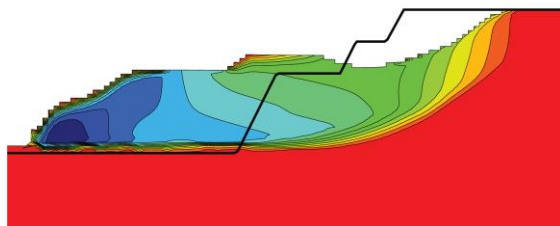
- امکان مدل کردن تاثیر تغییرات حرارتی.
- امکان مدل کردن جریان آب زیر زمینی و توزیع فشار آن
- امکان افزودن امکانات جدید مورد نظر کاربر با زبان ++C توسط کاربر

نام **FLAC** مخفف عبارت «Fast Lagrangian Analysis Of Continua» می باشد. دکتر پیتر کاندال در سال ۱۹۸۶ نرم افزار **FLAC** را برای تحلیل برخی مسائل بر روی یک میکرو کامپیوتر **IMB** طراحی کرد. این نرم افزار برای محاسبات سریع مدل هایی که دارای المان های بسیاری هستند طراحی شده است. با افزایش سرعت محاسبات کامپیوتر و امکان نصب **RAM** بالا با قیمت ارزان، مسائل بزرگتر و مشکل تری با **FLAC** قابل حل خواهد بود. این برنامه در سال های اخیر گسترش زیادی یافته است که توسط شرکت مشاوره **Itasca** انجام گرفته است.

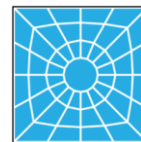
FLAC توسط زبان ساخت یافته **FISH** حمایت می شود. به وسیله این زبان کاربر می تواند برنامه ها و توابع مورد نظر خود را برای افزایش کارایی **FLAC** به آن بیفزاید.



FLAC می تواند به دو صورت مورد استفاده قرار گیرد: وارد کردن دستورات در خط فرمان و استفاده از رابط گرافیکی. رابط گرافیکی شرایط اجرای سریعتر فرمان ها را فراهم می کند.



امروزه بصورت گسترده ای از روش های شبیه سازی عددی در تحلیل ها و طراحی های ژئوتکنیکی استفاده می شود. این روش ها بخصوص بدلیل توانایی که در شبیه سازی توام رفتارهای خطی و غیرخطی دارند، اخیرا مورد توجه مهندسان و پژوهشگران این عرصه قرار گرفته است. علاوه بر این، ارائه نرم افزارهای کامپیوتری با الگوی عددی که انعطاف پذیری زیادی در ساخت و تحلیل شرایط هندسی گوناگون دارند، شرایط را برای کاربرد این روش ها در طراحی های پیچیده فراهم کرده است. یکی از نرم افزارهایی که از این روشها استفاده می کند نرم افزار **FLAC** می باشد که در ادامه به معرفی آن می پردازیم



FLAC® VERSION 8.0
Explicit Continuum Modeling of
Non-linear Material Behavior in 2D

FLAC یک برنامه تفاضل محدود دو بعدی برای محاسبات مهندسی می باشد. این برنامه رفتار ساختارهای خاک، سنگ و یا دیگر مواد را که ممکن است هنگام نزدیک شدن به محدوده شکست، رفتارهای گوناگون از خود نشان دهند را مدل سازی می کند که مواد به صورت اجزا یا مناطق نشان داده می شوند. این اجزا شبکه ای را که کاربر برای مدل سازی موضوع مورد نظر طراحی کرده است را تشکیل می دهند. اجزا می توانند بر طبق خواص داده شده، شکسته شوند یا جریان یابند و شبکه می تواند تغییر شکل دهد و یا جابجا شود.

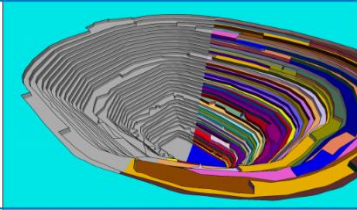
اگرچه **FLAC** در اصل برای کاربردهای مهندسی عمران و معدن طراحی شده است، اما قابلیت زیادی برای حل مسائل مکانیک نیز دارد. ساختارهای متعددی در این برنامه وجود دارند که مدل سازی موادی را که رفتارشان غیر خطی باشد را ممکن می سازد. علاوه بر این **FLAC** دارای امکانات خاص دیگری از جمله موارد زیر می باشد:

- مدل سازی صفحاتی که ممکن است در آنها لغزش یا جدایش اتفاق بیفتد
- طرح های تنش و کرنش صفحه ای و مدل های هندسی.
- مدل المانهای ساختاری برای مدل سازی نگهداری.
- امکان رسم پلات و مشاهده چشمی تغییرات.
- امکان آنالیزهای دینامیکی. امکان مدل سازی خزش و رفتار

MODEL PANE

FLAC3D can automatically identify the model skin based on face break angles.

Add faces to new groups – making it a snap to apply boundary conditions for simple and complex geometries.



نسخه های جدید این نرم افزار برای نسخه ی دوبعدی ورژن ۸ می باشد که به تازگی منتشر شده است و برای نسخه ی سه بعدی این نرم افزار نیز ورژن ۶ منتشر شده که هم اکنون نسخه اولیه FLAC 3D در دسترس است که با مشکلاتی نیز همراه است ، اما ITASCA قول داده تا پایان سه ماهه ی اول ۲۰۱۷ نسخه نهایی و پایدار این نرم افزار را منتشر کند.

در زیر به بعضی از ویژگی های جدیدی که در نسخه جدید نرم افزار اضافه شده اشاره می کنیم:

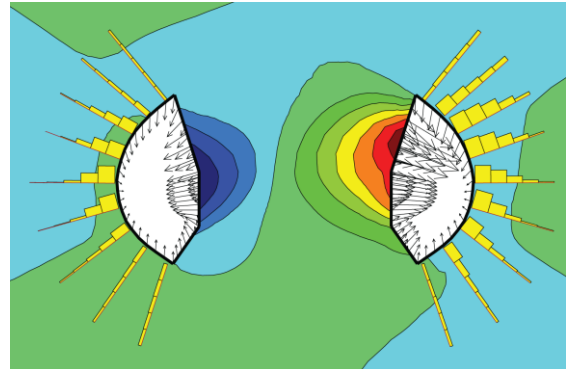
در نسخه دوبعدی نرم افزار ویژگی های جدیدی مثل ارائه نسخه ۶۴ بیتی برای این ورژن، افزودن و آپدیت ۵ مدل جدید در نرم افزار اضافه شده است.

در نسخه ۸ نسبت به قبل سرعت نرم افزار رشد خوبی داشته و قابلیت بررسی های لرزه ای، پروژرسانی برای آنالیز سطح آب زیر زمینی، نمایش نقشه های ایمنی و ... به نرم افزار اضافه شده است.

در ورژن ۶ نسخه ی سه بعدی نیز ویژگی هایی مثل افزودن مدولی برای استفاده از نرم افزار PFC در محیط FLAC 3D و اضافه کردن مدل هایی به نرم افزار، شاهد بروز رسانی های جدید در FLAC 3D بوده ایم، مدل هایی که به نرم افزار اضافه شده اند عبارتند از:

- Plastic-Hardening (PH) Model
- Swell Model
- Ubiquitous-Anisotropic (CANISO) Model
- Mohr-Coulomb-Tension (MOHRT) Model
- Cap-Yield (CYSOIL) Model, Updated
- Power-Mohr-Ubiquitous Creep (CUPOW) Model
- C++ User-Defined Material (UDM) Model

برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر از نرم افزار و آشنایی با بخش های مختلف و دریافت اخبار مربوط به وبسایت مراجعه فرمایید.



در ادامه به چند مورد از کاربردهای نرم افزار FLAC در پروژه های کاربردی اشاره می شود:

- تحلیل پایداری شیب در معادن روباز
- تحلیل پایداری شیبهای طبیعی خاکی و سنگی و خاکریزهای حاوی سازه های نگهدار، تحت بارگذاری دینامیکی و استاتیکی در شرایط محیطی اشباع و خشک
- بررسی نشست حاصل از حفر تونل های کم عمق در مناطق شهری
- تحلیل پایداری حفاری های زیرزمینی در محیط های ناهمگن به همراه سازه های نگهدار
- تاثیر روش بازکردن تونل بر پایداری آن
- مدلسازی اندرکنش سازه با خاک یا سنگ
- طراحی کارگاه های جبه کار طولانی در معادن زیرزمینی
- مدلسازی رفتار غیر خطی و تغییر شکل های بزرگ



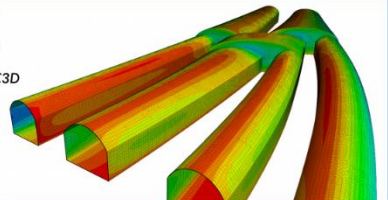
FLAC3D™

Explicit Continuum Modeling of
Non-linear Material Behavior in 3D

نرم افزار FLAC در دو نسخه 2D و 3D عرضه می شود. در مطالب گذشته ویژگی های نسخه ی دو بعدی را برشمردیم. نرم افزار FLAC3D نسخه سه بعدی این نرم افزار است و امکان مدل کردن ساختارهای مختلف را به صورت سه بعدی برای کاربر فراهم می کند و دستیابی به جواب های دقیق تر را ممکن می سازد.

ADVANCED PLOTTING

Displacements along the surface of series of civil tunnels modeled in FLAC3D using a hexahedral-dominant Griddle mesh.



از مزایای مدل سه بعدی شامل چرخش، تحلیل از زوایای گوناگون، تعیین دقیق تنش های واقعی و ... برخوردار می باشد. FLAC 3D نسبت به نسخه ی دو بعدی آن ، دست یابی به جواب های دقیق تر را ممکن می سازد و با مجهز بودن به زبان برنامه نویسی FISH توانایی های بسیار زیادی یافته است.



معرفی کانی الماس

مرجان فضلی

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (m.fazli@aut.ac.ir)

الماس چیست؟

نام این کانی گرانها از واژه ی یونانی آداماس (Adamas) به معنای نشکن و نفوذ ناپذیر گرفته شده است. الماس به رنگهای متفاوتی دیده می شود که رایج ترین و معمول ترین آن، بی رنگ و شفاف یا کمی متمایل به زرد یا قهوه ای روشن می باشد. الماس های رنگی موجود بسیار کمیاب می باشند. این کانی، سخت ترین کانی موجود است. الماس برای نخستین بار در گالکوندا در هندوستان استخراج شد و شمار اندکی نیز از برنئو بدست آمد. به طور تقریبی کربن خالص همراه با نشانه هایی ناچیز از نیتروژن، بور و ... ترکیب الماس را تشکیل می دهند. الماس شفاف، کربن خالص می باشد. در ساختمان الماس، هر کربن توسط ۴ کربن دیگر به وسیله ی پیوند کووالانسی بسیار قوی متصل و احاطه شده است. الماس برای نخستین بار توسط گروهی از دانشمندان سوئدی در سال ۱۹۵۳ ساخته شده است.

چگونگی تشکیل:

به علت آن که الماس ها تحت شرایط دما و فشار بسیار بالا قادر به تشکیل هستند، بنابراین در اعماق زیاد گوشته ی زمین یافت می شوند. بیشتر الماس های یافت شده در سطح زمین توسط نوعی ماگمای کمیاب به نام کیمبرلیت، از عمق زیاد به سطح زمین آورده شده اند. این ماگما در طی مسیر خود تکه سنگ های ذوب نشده ای (زینولیت ها) را به درون دودکش های آتشفشانی می آورد و سپس این آتشفشان فوران می کند. الماس ها معمولاً در تنوره های کیمبرلیتی یافت می شوند که این تنوره ها اغلب کمیابند و اغلب بر اثر آب های جاری شسته شده اند که میتوان با دنبال کردن مسیر روخانه هایی که باعث شست شوی این تنوره های کیمبرلیتی شده اند و با توجه به سنگ های کف رودخانه به منبع الماس های پلاسری دست یافت. این کانی اغلب به صورت پلاسری در کف رودخانه ها وجود دارد. برخی معتقدند که بعضی از الماس ها در شرایط دما و فشار بالای نواحی فرورانش و برخی دیگر در محل اصابت شدید سنگ های آسمانی به وجود آمده و برخی نیز توسط شهاب سنگ ها به روی زمین آورده می شوند.

کشور های تولید کننده:

ذخایر الماس طبیعی تاکنون در بیش از ۳۵ کشور دنیا کشف شده است، که کشور آفریقایی بوتسوانا با ۲۲ میلیون قیراط تولید الماس، بزرگترین تولیدکننده الماس طبیعی در جهان در سال ۲۰۱۶ میلادی بوده است. کنگو کینشازا با ۱۷ میلیون قیراط و روسیه با ۱۵ میلیون قیراط و استرالیا با ۱۱ میلیون قیراط و آفریقای جنوبی هم با ۴ میلیون قیراط تولید در رده های چهارم و پنجم قرار گرفتند. سایر کشورها نیز تولیدی معادل ۱۱ میلیون قیراط را به خود اختصاص دادند.

کاربردها:

الماس ها یکی از گرانها ترین جواهرات به شمار می آیند، اگر چه حدود ۷۵ درصد الماس هایی که تشکیل می شوند، دارای کیفیت جواهری نیستند و بیشتر مناسب کاربردهای صنعتی هستند، اما گونه های بی رنگ یا دارای هاله ای از رنگ آن ها، به عنوان جواهرات مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین به علت آن که الماس ها از لحاظ شیمیایی بسیار مقاوم و دارای سختی بالایی هستند، این ویژگی ها سبب می شوند که به عنوان ابزار برشی مورد استفاده قرار بگیرند، علاوه بر آن به عنوان ساینده های صنعتی نیز به کار می روند.



منابع

- قربانی، منصور . سنگ ها و کانی های گرنیها (گوهرها) و جایگاه آن ها در ایران - تهران : آرین زمین ۱۳۸۲
- The manual of mineral science - after James-D-DANA-21 st Edition
- <http://www.geology.com>
- <http://volcano.oregonstate.edu>
- <http://www.ehudlaniado.com>



گونه های مشابه:

برای یک مدت طولانی از کانی های بی رنگ جواهراتی نظیر: روتیل، زیرک، سافیر، اسپینل، توپاز، بریل و کوارتز به عنوان الماس جعلی یا گونه های مشابهی از الماس، استفاده می شده است. اما ویژگی های خاص الماس سبب می شده که به راحتی آن را از گونه های مشابه تشخیص داد. با تولید الماس مصنوعی که تماماً از مواد غیر طبیعی ساخته شده است، تشخیص الماس از این مواد بسیار دشوار شده است. یکی از این مواد عبارتست از:

GGG(gadolinium gallium garnet)

که گارنت نامیده می شود اما با گارنت های طبیعی هم از لحاظ شیمیایی و هم فیزیکی متفاوت می باشد.

الماس در ایران

هیچ منبع الماسی، تاکنون در ایران گزارش نشده است . واقعیت این است که با توجه به ویژگی های زمین شناسی ایران ، ما نمی توانیم انتظار پیدایش الماس را در زمین های ایران داشته باشیم.

شکل بلور	کوبیک
رنگ	بی رنگ و شفاف یا کمی متمایل به زرد یا قهوه ای روشن
سختی	۱۰
جرم مخصوص	۳٫۵
ضریب شکست	۲٫۴۲
رنگ خاکه	بی رنگ
جلا	شیشه ای
سیستم تبلور	در سیستم مکعبی متبلور شده و دارای کلیواژ کامل ، در تمام جهات اکتاهدرال می باشد
گونه های مشابه	روتیل ، زیرکن ، سافیر ، اسپینل ، توپاز ، بریل و کوارتز به عنوان الماس جعلی یا گونه های مشابهی از الماس
شکستگی	صدفی
رخ	چهار جهت کامل

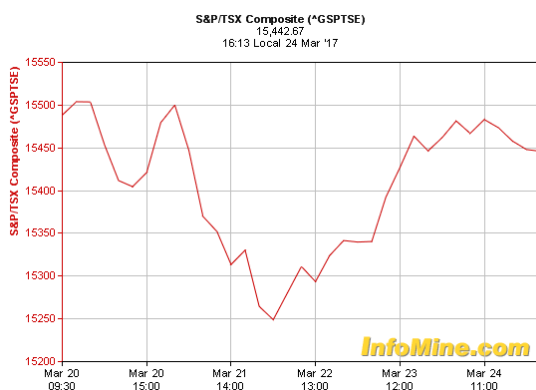
معرفی سایت Info Mine

محمدرضا میرزهی کلاته

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (m.m.kazemi@aut.ac.ir)

فراهم خواهد آورد. بنابراین طبقه بندی، حذف اطلاعات زاید و پردازش مناسب و استفاده از ابزار مناسب انتقال اطلاعات می تواند یکی از ماموریت های مهم روابط عمومی را که اطلاع رسانی صحیح و اثر بخش به مخاطبان درون و برون سازمانی است با موفقیت روبرو کند. از این رو منبع مناسبی برای اطلاع از اخبار در سطح جهانی مربوط معدن می باشد.

نکته قابل توجه این سایت افزودن دو قسمت جدید است که به بررسی تغییرات قیمت مواد معدنی و مسایل و اخبار مربوط به افراد شاغل در این زمینه می باشد مزیت این سایت به ارایه دقیق اطلاعات مربوط به قیمت به صورت ماهانه، روزانه و حتی ساعات مختلف روز است که نمودار زیر یکی از نمودار های سایت است که به بررسی قیمت طلا در یک روز مارس می پردازد.



این سایت با نام GLOBAL INFO MINE به ارائه اطلاعات درباره موسسه تشکیل دهنده که به اطلاع رسانی در زمینه مهندسی معدن و استخراج مواد از معادن می پردازد اختصاص دارد.

ماموریت شرکت اینفوماین توسعه، حفظ و خدمات به نیازهای اطلاعاتی جامعه جهانی از شرکت های استخراج معدن، تامین کننده، مربیان، سرمایه داران در واقع تمام سازمان ها و افرادی که در استخراج معدن یا اکتشاف مواد معدنی است.

هدف وب سایت اینفوماین به شکل یک سری از مراکز پیوسته معادن در سراسر جهان به نحوی که در آن اعضای جامعه معدن در سراسر جهان با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و بتوانند اطلاعات واقعی، تکنولوژی، آموزش و تفسیر و به اشتراک گذاری ایده ها و ... بپردازند. این وب سایت علاوه بر توسعه روابط سودمند متقابل علاقه مند به اشتراک گذاری مطالب و ارایه خدمات اطلاعات استخراج بهینه در سراسر جهان می باشد.

در این سایت به اولین موردی که برخورد میکنیم اخبار و رویداد های مربوط به تمام مسایل مربوط معدن از جمله استخراج، اکتشاف است.

از آنجا که اخبار و رویداد یکی از نیازهای اساسی واحدهای روابط عمومی، دسترسی، طبقه بندی، پردازش و انتشار مناسب اطلاعات از طریق رسانه های جمعی و دیگر ابزارهای اطلاع رسانی برای افزایش آگاهی و اثر بخشی بر روی مخاطبان یک مجموعه سازمانی است و آنچه در حال حاضر در فرایند اطلاع رسانی به مخاطبان از اهمیت بسزایی برخوردار است ضرورت آشنایی دست اندرکاران روابط عمومی ها با مدیریت اصولی انتشار و توزیع اطلاعات است. چرا که هم اکنون به مدد توسعه تکنولوژی های نوین ارتباطی و اطلاعاتی نظیر اینترنت شاهد انبوهی از اطلاعات و داده هایی هستیم که به تعبیری اضافه بار اطلاعاتی را ایجاد کرده اند که اگر به درستی اطلاعات موجود مدیریت نشود نه تنها اثربخش و آگاهی رسانی نخواهد بود بلکه جنبه تخریبی و سردرگمی و گمراهی مخاطبان را

بر اساس توانایی و امکانات مورد استفاده بررسی کرد. نکته دیگری که می‌توان به آن توجه کرد در مورد امکانات و تجهیزات است که تمام اطلاعات را پوشش می‌دهد اعم از ساخت وسایل جدید یا پرکاربرد ترین وسایل در سراسر معادن جهان که منبع مناسبی برای مدیریت و انتخاب تجهیزات مناسب در طراحی بهینه در سایر قسمت های معدنی است. نکته دیگر این قسمت خرید و فروش این تجهیزات است که شما می‌توانید وسیله مورد نظر خود را بخردید یا بفروش بگذارید. می‌توانید نحوه کارکرد وسایل جدید و وسیله مورد نظر خود را از طریق ویدیو های به اشتراک گذاشته شده ببینید و این امر می‌تواند کمکی در انتخاب وسیله مورد نظر باشد.

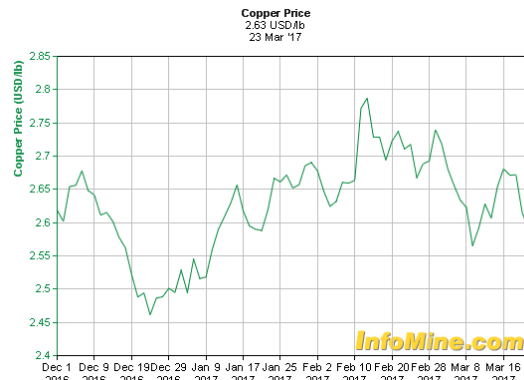
بخش دیگر سایت تکنولوژی معدنی است که پیشرفت های جدید را به روش های مختلفی در اختیار کاربر قرار می‌دهد. کاربر می‌تواند در قسمت های مختلفی که تعبیه شده از جمله قسمت کنفرانس که خود از بخش های کنفرانس های نزدیک، کنفرانس های گذشته، انتشارات و کارگاه های کوتاه مدت مطلع شود. قسمت بعدی مطالب علمی را بصورت آنلاین وبا استفاده از ابزار و انیمیشن های مناسب به کاربر منتقل میکند.

بخش بعدی سرویس دهی و اطلاع رسانی سایت است که در آن تمام رویداد های در پیش رو را در سراسر جهان پوشش می‌دهد که از این سایت میتوان مستقیم در هر یک از این رویدادها ثبت نام کرده و در آن رویداد شرکت کرد. در بخش بعدی سرویس دهی قسمت مشاوران می باشد شما میتونید بر اساس اسم، مهارت و شرکت مشاور، مشاور مورد نظر خود را پیدا کنید و با آن ارتباط برقرار کنید.

از دیگر سرویس های مهمی که در اختیار کاربر قرار میدهد برآورد هزینه با استفاده از استاندارد های صنعت در معدن است که می‌توان به هزینه هایی از قبیل برآورد آسیب به تجهیزات، هزینه سرویس دهی معدن و... را نام برد که برای هر معدن کار از اهمیت بالایی برخوردار است. در سایت داده ها و مثال هایی ذکر شده و در اختیار کاربر قرار داده شده تا در صورت نداشتن داده های واقعی بتواند از آنها استفاده کند. قابل ذکر است که این قسمت شامل قسمت نرم افزار است که تعداد زیادی از نرم افزارهای پر کاربردی را معرفی می کند که در ایران استفاده نمی‌شود.

بخش راه حل سایت اینفو ماین راه حل هایی برای رسیدن به هدف در معادن در اختیار می‌گذارد که شامل مواردی از قبیل راه حل های موفقیت شغلی، راه حل های کارفرما نیروی انسانی، راه حل های تبلیغات و بازار معدن و ... می‌باشد.

و در اخر امکان ثبت نام در سایت و استفاده از بسیاری از امکانات ذکر شده به صورت رایگان برای کاربر وجود دارد. در حال حاضر این سایت یکی از بزرگترین جوامع مجازی معدنی است که دارای بیش از ۷۰۰,۰۰۰ عضو متخصص می‌باشد.



در قسمت های بعدی به مواردی مثل کشورهای تحت پوشش، کارگاه و دوره های آموزشی، فرصت های شغلی، کتابخانه، نقشه ها، تکنولوژی های معدن، تجهیزات و امکانات بکار گرفته شده در معادن و معرفی مجلات تخصصی در زمینه مهندسی معدن برخورد میکنیم.

قسمت حرفه و آموزش یکی از مفید ترین قسمت های سایت است که به بخش های مختلفی تقسیم می‌شود. که میتوان بخش های شغلی، آموزشی، کنفرانس ها، رویداد های علمی، کتابخانه و دیکشنری اشاره کرد.

در بخش حرفه یا شغل سایت فرصت شغلی هایی را مطرح می‌کند که در زمینه مختلف مربوط معدن هست که سایت پذیرای رزومه های متخصصین است.

بخش آموزش سایت ارائه دهنده پیشرو در جهان در زمینه آموزش و آموزش و پرورش به صنعت و معدن است. این سایت راه حل های موثر را برای افراد، شرکت ها و مربیان بر اساس آموزش، آموزش مداوم و نیازهای توسعه حرفه ای ارائه می‌دهد. دوره های آموزشی سایت به سه شکل آموزش از راه دور از طریق سایت، دوره های خود گام آنلاین و برنامه های زنده تعاملی، و یا بصورت مستقیم دوره های کوتاه مدت سنتی است.

تمام دوره ها از نویسندگان یا ارائه شده از سوی کارشناسان برجسته صنعت در زمینه های زیر می باشد:

- ۱- اکتشاف و زمین شناسی
- ۲- ژئوتکنیک
- ۳- استخراج معدن
- ۴- فرآوری مواد معدنی
- ۵- مدیریت نگهداری
- ۶- محیط زیست و جامعه
- ۷- سلامت و ایمنی

بخش بعدی تجهیزات و امکانات به کار رفته در معادن است. در این قسمت میتوان کمپانی های تامین کننده های تجهیزات معدنی را

گزارش ششمین کنفرانس مکانیک سنگ ایران

محمد عنایتی نجف آبادی

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (m.enayati.n@aut.ac.ir)

بومی سازی روش های تجربی مکانیک سنگ به ویژه طبقه بندی سنگ که جایگاه ویژه ای در طراحی مهندسان مشاور و... دارد.

تحلیل ریاضی مسائل مکانیک سنگ که در بسیاری از موارد با داده های کم انجام می شود. مقالات و پایان نامه های دانشجویی نیز در این تیپ در حال رشد هستند که کاربردی نیستند و خوب است با توجه به حجم زیاد پروژه های عمرانی کشور، با استفاده از داده های رفتارنگاری انجام شود و با نزدیکی بیشتر دانشگاه و صنعت، این مقالات و پایان نامه ها با هدف رویکرد ماموریت گرا و مشکل گشا تعریف شود و ما شاهد پایان نامه های کاربردی تر باشیم.

تصحیح نظام فنی و اجرایی کشور به طوریکه در عمده طراحی هایی که مهندسان مشاور انجام می دهند، بازخوردی از آن طراحی ها به مهندسان مشاور برنمی گردد و حضور تیم طراحی در اجرا، یا وجود ندارد یا خیلی کم رنگ است. در نتیجه طراح متوجه اشتباه خود نمی شود، علم توسعه نمی یابد و هزینه های کار هم افزایش می یابد.

استفاده دستگاه های اجرایی کشور از ظرفیت انجمن های علمی موجود در کشور که متشکل از افراد توانمند است اما متأسفانه هیچ استفاده ای از این تشکلهای در سیستم برنامه ریزی کشور و تهیه استانداردهای فنی نمی شود.

در پایان باید افزود با توجه به نوپا بودن این رشته در ایران پیشرفت های گسترده ای در آن رخ داده که بدون تلاش اساتید دانشگاه، افراد متخصص و فعالان حوزه ی صنعت این مهم امکان پذیر نبود اما توجه به موضوع که باید امکانی فراهم شود تا زمینه بروز هرچه بیشتر این مقاله ها در صنعت فراهم شود نباید از یاد برود.



انجمن مکانیک سنگ ایران به همراهی دانشگاه صنعتی امیر کبیر ششمین کنفرانس مکانیک سنگ ایران را در حالی برگزار می کنند که تجربه پنج برنامه قبلی نشان از توسعه این علم نوپا در ایران را دارد. لزوم وجود چنین کنفرانس هایی از آن جهت اهمیت می یابد که نقطه عطفی برای آشنایی با روش های نوین نظری و عملی در این علم و توسعه روابط قدیمی را مهیا می سازد و زمان مناسبی برای تبادل نظرهای علمی و انتقال تجربیات و دستاوردهای ارزشمند صاحب نظران و پژوهشگران در عرصه های مختلف مکانیک سنگ خواهد بود.

محور های برگزاری این دوره به گونه ای پیش بینی شده است که جامع مسائل موجود در مکانیک سنگ باشد و الویت های آن در جهت مشکلات موجود در این صنعت قرار گرفته و به شرح زیر می باشد:

مطالعات بنیادی، پیشرفت ها و افق های جدید در مکانیک سنگ؛ آموزش و پژوهش در مکانیک سنگ؛ تحلیل و پایداری فضا های زیر زمینی، شیروانی ها و ترانشه های سنگی؛ مکانیک سنگ در پروژه های معدنکاری، مهندسی نفت و گاز، نظامی و محیط زیست؛ ابزار بندی و رفتارسنجی در مهندسی سنگ؛ روش های عددی در مکانیک سنگ؛ مطالعات جریان سیال در محیط های سنگی؛ بهسازی زمین های سنگی؛ آزمون های برجا و آزمایشگاهی مکانیک سنگ.

انجمن مکانیک سنگ ایران به همراه دانشگاه صنعتی امیر کبیر دو برگزار کننده این کنفرانس هستند؛ یکی از نکات مثبت این همایش با توجه به نقش اجرایی انجمن مکانیک سنگ در صنعت ایران برقراری ارتباط بسیار موثر میان صنعت و دانشگاه است که در موضوع به خوبی در این کنفرانس به چشم می خورد.

در این دوره از ۱۹۸ مقاله به کنفرانس ارائه شد که به کمک ۵۱ داور ۱۰۸ مقاله شامل ۵۲ مقاله شفاهی و ۵۶ مقاله پوستر پی پذیرفته شد. در این میان هدف از پذیرش مقاله پوستر پوشش ضعف حضور نداشتن احتمالی ارائه کننده بوده است.

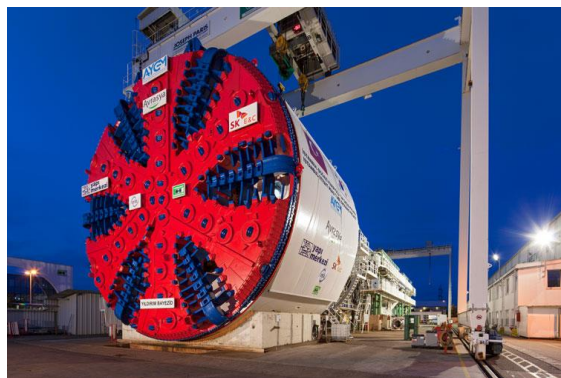
نقطه قابل توجه در این کنفرانس خواسته های مطرح شده وزارت نیرو از دانشگاه است. که در این باره می توان به موارد زیر اشاره داشت.

معرفی ماشین های معدنی: ماشین حفار مکانیزه TBM

وحید خدابنده لو

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (vahidkh@aut.ac.ir)

سال ۱۹۵۰ TBM رابینز ساخته شد که برای حفر در سنگ های سخت طراحی شد. در سال ۱۹۷۰ نسل جدید TBM ها برای حفاریات داخل سنگ های سخت و ساییده با سرعت بالاتر طراحی گردید.



اجزا TBM

یک TBM از اجزای مختلفی تشکیل شده است که مجال توضیح کامل هر قسمت وجود ندارد و فقط در حد معرفی هر جز اکتفا می کنیم:

- بدنه اصلی
- صفحه حفار
- چنگ زن ها
- جک های رانش صفحه حفار

وزن

وزن ماشین تابعی از قطر ماشین می باشد یعنی وزن یک TBM با قطر ۲ متر در حدود ۲۰ تن می باشد این در حالی است که وزن یک ماشین TBM با قطر ۶ متر تا حدود ۱۳۰ تن نیز می رسد.

قیمت

قیمت دستگاه بیشتر به نوع سفارش داده شده به کارخانه سازنده و نوع سنگ های حفرشونده بستگی دارد؛ ولی به صورت کلی قیمتی در حدود ۸ - ۷ میلیارد تومان را داراست.

تونلها و فضاهای زیرزمینی برای مقاصد متنوعی ایجاد می شود که از آن میان می توان موارد زیر را نام برد:

- ۱- تونل های حمل و نقل و دسترسی
- ۲- تونل های آب بر
- ۳- فضاهای زیرزمینی بزرگ (ایستگاه های مترو، نیروگاه ها، انبارهای زیرزمینی و کارگاه های استخراج مواد معدنی).

برای اجرای مقاصد ذکر شده در بالا می توان از روش هایی از جمله آتشیاری و چالزنی و یا حفاری با ماشین های حفار استفاده کرد. در روش های استفاده از انفجار و مته زنی مشکلاتی در محیط های اطراف و همچنین ایجاد بی نظمی در تونل را خواهیم داشت؛ اما با استفاده از دستگاه TBM هیچ یک از این مشکلات بوجود نمی آید که به نوعی موجب صرفه جویی در هزینه ها می شود. البته این در حالی است که ساخت دستگاه TBM بسیار گران و همچنین امکان جابه جایی زیادی ندارد. اگر طول تونل زیاد باشد، سرعت پیشروی بالا مدنظر باشد و مشکل خاص زمین شناسی در منطقه موجود نباشد حفاری به وسیله دستگاه های حفار می تواند اقتصادی باشد.

TBM ها انواع مختلفی دارند:

- ۱- سنگ های سخت:
 - تی بی ام روپاز
 - تی بی ام تک سپره (Single Shield)
 - تی بی ام دو سپره (Double Shield)
- ۲- سنگ های سست:
 - تی بی ام سپردار ای پی بی (EPB)
 - SPB
 - تی بی ام هوای فشرده
 - تی بی ام های ترکیبی

تاریخچه

نخستین دستگاه حفاری ساخته شده در سال ۱۸۴۵ توسط هنری جوزف ماوس بوده است. نمونه اولیه TBM ها در سال ۱۸۸۰ به صورت رسمی به کار گرفته شد هر چند این نمونه خیلی موفق نبود و سرعت پیشروی پایینی داشت. همگام با پیشرفت تکنولوژی، دستگاه های مکانیزه تونل زنی نیز پیشرفت قابل توجهی داشت تا جایی که در

شرکت های تولیدی TBM

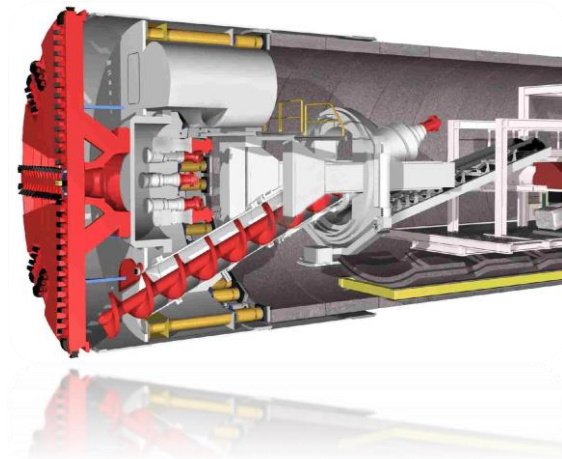
در این مبحث اشاره ای به شرکت های تولید کننده این دستگاهها داریم. از مهم ترین شرکت ها می توانیم به شرکت های زیر اشاره کنیم:

- ۱- سلی ایتالیا (Seli Technologie)
- ۲- هرنگشت آلمان (Herrenknecht)
- ۳- ویرث آلمان (Wirth)
- ۴- ان اف ام فرانسه (NFM Technologie)
- ۵- رابینز (Robbins)

TBM در ایران

هنوز در ایران هیچ شرکتی موفق به طراحی و ساخت و یا حتی بهسازی دستگاه های TBM نشده است. البته وجود تحریم های بین المللی هم متأسفانه بر شدت ضعف ما در این زمینه تأثیر زیادی داشته است. اما در سال های اخیر به خصوص در دهه هشتاد، یعنی از سال ۱۳۷۲ که اولین پروژه در ایران با حفاری تمام مکانیزه توسط TBM توسط نیروهای ایرانی و در قرار گاه سازندگی خاتم و با حمایت شرکت های آلمانی و ایتالیایی آغاز شد تا به حال شرکت های زیادی اقدام به خرید دستگاه های TBM و تجهیزات حفاری مکانیزه نموده اند که سهم شرکت های اروپایی در این میان سهم قابل توجهی است.

در ایران شرکت سلی از پیشگامان صنعت حفاری مکانیزه می باشد و هم اکنون در بسیاری از پروژه ها به عنوان مشاور و راهبر فعالیت می کند. شرکت NFM فرانسه هم در این سال ها با دستگاه های EPB سهم بسیار بالایی در حفاری مترو های شهری در ایران دارد.



شماره	پروژه	نوع ماشین	سازنده
۱	قطار شهری اهواز	EPB	NFM
۲	خط ۷ متروی شهری تهران	EPB	SELI
۳	متروی شهری مشهد	EPB	NFM
۴	تونل انتقال آب کرج	Double Shield	Herrenknecht
۵	تونل انتقال آب زاگرس	Double Shield	Wirth
۶	تونل انتقال آب قمرود	Double Shield	Herrenknecht



گزارش فعالیت‌های شش ماهه دوازدهمین دوره انجمن علمی دانشجویی مهندسی معدن

بیژن پیک

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (bijan.peik@aut.ac.ir)



دوازدهمین دوره ی انجمن علمی دانشجویی معدن، با توجه به انتخابات انجام شده، از بهمن ماه سال ۹۵ فعالیت های خود را در راستای ارتقای سطح علمی دانشکده معدن و دانشجویان آن آغاز کرد. هسته ی مرکزی انجمن علمی این دوره متشکل از ۵ عضو اصلی و ۶ عضو فرعی به شرح زیر می باشد:

- بیژن پیک (دبیر انجمن)

- امیرحسین بدرالدینی (نایب دبیر و مسئول امور مالی)

- احسان آزاد (مسئول انفورماتیک و سردبیر نشریه ی علمی-ترویجی بلور)

- ابوالفضل حیدری (مسئول نوآوری، ایده پردازی و امور المپیادها)

- عارف شیرازی (مسئول ارتباط با صنعت)

- داریوش محمدی (مشاور انجمن)

- سینا صالح نیا (مشاور انجمن)

- مهدی پور محمدی (مسئول امور آموزشی)

- رضا نبی زاده (مسئول امور پژوهشی)

- سیاوش ابراهیم پور (مدیر مسئول نشریه ی علمی-ترویجی بلور)

- علیرضا هاشمی (مسئول کمیته ی همایش ها و سمینار ها)

از مهم ترین اقدامات انجام شده توسط اعضای انجمن، طی این مدت در راستای آموزش می توان به برگزاری دوره های آموزشی زیر اشاره نمود:

۱- برگزاری اولین دوره ی آموزشی نرم افزار Abaqus با تدریس مهندس علیپور به مدت ۴۰ ساعت آموزشی

۲- برگزاری اولین دوره ی آموزشی نرم افزار Gemcom-surpac با تدریس مهندس سلطانی به مدت ۴۸ ساعت آموزشی

۳- برگزاری دوره ی آموزشی نرم افزار FLAC 3D با تدریس مهندس زارعی از دانشجویان دکترای دانشکده به مدت ۴۰ ساعت آموزشی

۴- برگزاری دوره ی آموزش زبان انگلیسی TOEFL با تدریس خانم یکه باش به مدت ۶۴ ساعت آموزشی

۵- برگزاری دوره ی آموزش زبان انگلیسی Pre-TOEFL1 با تدریس خانم یکه باش به مدت ۶۴ ساعت آموزشی

۶- برگزاری دوره ی آموزش زبان انگلیسی Pre-IELTS1 با تدریس دکتر حاجیان به مدت ۶۴ ساعت آموزشی



۷- برگزاری دوره ی آموزش مقدماتی تا پیشرفته MATLAB با تدریس دکتر زمانی دوست به مدت ۶۰ ساعت آموزشی

۸- برگزاری دوره ی آموزش زبان انگلیسی تافل فشرده با تدریس استاد علیمحمدی به مدت ۴۸ ساعت آموزشی



۱- بازدید دو روزه‌ی معدن سرب و روی انگوران ویژه‌ی دانشجویان ورودی ۹۵ در تاریخ ۹۶/۲/۱۴

۲- بازدید از معدن ونارچ قم ویژه‌ی دانشجویان ورودی ۹۵ در تاریخ ۹۶/۳/۴

۳- بازدید از مترو در اردیبهشت ۹۶

از دیگر اقدامات انجام گرفته توسط انجمن در این دوره می‌توان به برگزاری ششمین دوره از کنفرانس مکانیک سنگ ایران با همکاری انجمن مکانیک سنگ ایران اشاره کرد. این کنفرانس از روز سه شنبه ۲۶ بهمن در سالن اجتماعات مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر آغاز به کار کرد و تا بعد از ظهر روز چهارشنبه ۲۷ بهمن ادامه داشت. مطالعات بنیادی، پیشرفت‌ها و افق‌های جدید، آموزش و پژوهش در مکانیک سنگ، تحلیل و پایداری تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی، تحلیل و پایداری شیروانی‌ها و ترانشه‌های سنگی، مکانیک سنگ در پروژه‌های معدن کاری و... محورهای این کنفرانس بودند. در این کنفرانس ۱۰۸ مقاله شامل ۵۲ مقاله شفاهی و ۵۶ مقاله پوستر ارائه شد.



در این دوره شاهد برگزاری اولین ایده بازار معدنی با هدف افزایش توانایی و روحیه‌ی کارآفرینی و ایده‌پردازی دانشجویان و همچنین ارتباط موثر و شفاف بین دانشجویان و صاحبان صنعت و سرمایه در مهرماه ۹۶ خواهیم بود.

همچنین انجمن علمی دانشجویی مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر این افتخار را طی سیزده سال اخیر داشته است که همایش علمی مهندسی معدن را هر ساله در هفته‌ی اول خرداد ماه (هفته‌ی معدن) برگزار نماید. اول خرداد ماه ۹۶ چهاردهمین همایش علمی مهندسی معدن بار دیگر به همت این انجمن برگزار خواهد شد. در این رویداد جمع‌کنشیری از دانشجویان سراسر کشور با صنعت‌گران، معدنکاران و قانون‌گزاران این رشته‌ی مهندسی هرچه بیشتر آشنا شده و مشکلات و مسائل خود را بیان می‌دارند. می‌توان برقراری ارتباط سازنده بین صنعت و دانشگاه را از مهم‌ترین دستاوردهای این رویداد دانست.

از برنامه‌های پیش‌روی دوازدهمین دوره‌ی انجمن علمی، در برگزاری دوره‌های آموزشی، می‌توان به برگزاری اولین دوره‌ی Academic English Course با تدریس جناب آقای دکتر امیربیژن یثربی، فوق‌دکتری دانشگاه اگزتر انگلستان و دانشگاه صنعتی امیرکبیر اشاره نمود.

همچنین در راستای ارتقای سطح علمی دانشجویان، کارگاه‌هایی یک یا دو روزه به شرح زیر برگزار شده است:

۱- برگزاری کارگاه مقاله‌نویسی ISI مبتنی بر نگارش با تدریس دکتر حاجیان به مدت ۵ ساعت آموزشی



۲- برگزاری کارگاه «چرا و چگونه متلب یاد بگیریم؟» با تدریس دکتر زمانی دوست به مدت ۲ ساعت آموزشی

۳- برگزاری کارگاه یک روزه‌ی رسم انواع نمودار در MATLAB با تدریس دکتر زمانی دوست به مدت ۵ ساعت آموزشی

۴- برگزاری کارگاه یک روزه‌ی کار با روابط ریاضی و محاسباتی با تدریس دکتر زمانی دوست به مدت ۵ ساعت آموزشی

۵- برگزاری کارگاه دو روزه‌ی آموزش مقدماتی تا پیشرفته‌ی نرم‌افزار Photoshop با تدریس مهندس آرش قاسمیان به مدت ۸ ساعت آموزشی

کارگاه‌های زیر نیز در اردیبهشت ماه سال ۹۶ به همت اعضای انجمن برگزار خواهد شد:

۱- کارگاه دو روزه‌ی شبکه‌های عصبی در MATLAB با تدریس دکتر زمانی دوست به مدت ۱۶ ساعت آموزشی در تاریخ ۱۴ و ۱۵ اردیبهشت

۲- کارگاه دو روزه‌ی پردازش تصویر در MATLAB با تدریس دکتر زمانی دوست به مدت ۱۶ ساعت آموزشی در تاریخ ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت

انجمن علمی مهندسی معدن در این دوره همچنین مفتخر به ایجاد شرایط و بستر آشنایی هر چه بیشتر دانشجویان با صنعت و محیط کاری، در قالب برگزاری بازدیدهای دانشجویی زیر خواهد بود:

گفتگو با دکتر کوروش شعبانی

مدیر آموزش سازمان نظام مهندسی معدن استان تهران

سیاوش ابراهیم‌پور

دانشجوی کارشناسی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (siyavashebrahimpour@gmail.com)

که از زمان مسئولیت بنده بنا گذاشته شد و تحت عنوان پنل های تخصصی نیمروزه بوده که اندکی متفاوت تر از کارگاه های آموزشی است. تقریباً از اواسط سال ۹۴ تاکنون ۲۲ پنل آموزشی را در نظام مهندسی استان تهران برگزار کردیم علاوه بر آن در سال ۹۵، ۲ همایش به صورت مشترک با خانه معدن ایران برگزار شد. از دیگر فعالیت های کمیته آموزش برگزاری دوره های مشترک با سایر استان ها از جمله استان خراسان رضوی و اصفهان و همچنین دوره های بازآموزی را ویژه کارمندان وزارت صمت به درخواست اعضا برگزار کردیم.

ارتباط کمیته آموزش و دوره هایی که برگزار می کنید با بدنه دانشجویی و دانشگاه ها چگونه است؟

این ارتباط به این شکل است که در این دوره ها از اساتیدی دعوت می کنیم که علاوه بر مدرس دانشگاهی بودن و آرایه در قالب تئوری، خودشان نیز در بخش معدن فعال هستند. امروزه در بخش معدن خیلی از این اساتید ما کار می کنند و با بخش معدن به صورت مستقیم با آن درگیر هستند. برای دانشجوی ها هم پیشنهاد من این است که علاوه بر دوره های مصوب وزارت علوم (دوره های دانشگاهی) از دوره های سازمان نظام مهندسی با دیدگاه مهارت آموزی و انتقال تجربه استفاده کنند. این توصیه ای هست که در واقع مقداری در آن موفق هم بوده ایم. چون برخی از دانشجویان علی رغم اینکه عضو این سازمان هم شاید نبوده و یا پروانه اشتغال نداشته اند، در این دوره ها شرکت کرده اند. ضمن اینکه یک فارغ التحصیل کارشناسی در بخش معدن برای اینکه بتواند در بخش معدن پروانه اشتغال با حداقل پایه یعنی پایه ۳ را بگیرد می بایست ۵ دوره آموزشی را گذرانده باشد. علاوه بر مدرک تحصیلی و سوابق اجرایی و سوابق کاری، به دانشجویان توصیه می کنیم حتی در سال های آخر دوره لیسانس در این دوره ها شرکت کنند چون به محض اینکه بخواهند وارد سازمان نظام مهندسی بشوند و پروانه اشتغال بگیرند که بعد از ۳ سال از فراغت از تحصیل امکان پذیر است باید گواهی ۵ دوره آموزشی در سازمان نظام مهندسی را آرایه بدهند و البته این دوره ها را می توانند در سراسر کشور آموزش ببینند.



دکتر کوروش شعبانی دکترای زمین شناسی اقتصادی از دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران و فارغ التحصیل سال ۹۴ است. وی پس از اخذ مدرک کارشناسی در سال ۷۳ مشغول به فعالیت های صحرایی و زمین شناسی بوده و در سال ۸۶ وارد مقطع کارشناسی ارشد شد. دکتر شعبانی در زمینه کارهای اجرایی از سال دوم لیسانس

در شرکت های مهندسی مشاور که در آن زمان تعداد آن ها محدود بود به عنوان کارورز شروع به کار کرد. بلافاصله بعد از پایان خدمت سربازی در اواخر سال ۷۸ فعالیت خود را در گروه "زر" که از شرکت های مطرح معدنی کشور هست آغاز کرد. ایشان از سال ۹۴ عضو هیئت مدیره نظام مهندسی استان تهران بوده و از حدوداً اواسط سال ۹۴ به عنوان مدیر آموزش سازمان نظام مهندسی تهران مشغول به کار شد. در عین حال نیز در سازمان نظام مهندسی کشور عضو کمیته آموزش می باشد.

در ابتدا فعالیت های کمیته آموزش سازمان نظام مهندسی معدن استان تهران را به طور مختصر بیان نمایید.

در گروه آموزش، ما برای اعضای سازمان نظام مهندسی و البته علاقه مندان بخش معدن دوره های آموزشی که جهت ارتقا پایه ی پروانه اشتغال مورد نیاز می باشد را برگزار می کنیم. در واقع کار اصلی ما برگزاری دوره های آموزشی مختلفی از دروس مصوب سازمان نظام مهندسی بوده که در اصل برای برخی دروس از کتابچه های مخصوص کمیته تدوین معیارهای وزارت استفاده شده و در بعضی دروس دیگر سرفصل ها توسط خود کمیته آموزش تعریف می شود و این دروس توسط اساتید مورد تایید سازمان نظام مهندسی ایران تدریس می شود. در کنار این برنامه ها دوره های دیگری نیز وجود دارد

از نظر شخص شما چقدر کارآفرینی اهمیت دارد و چه ارتباطی دارد با اشتغال دانشجویان چیست؟

در ابتدا باید دید کار آفرینی یعنی چه و چه تعریفی دارد؟ یک کارآفرین کسی است که مجموعه توانایی های مدیریتی، خلاقیت، ریسک پذیری معقول و توان مذاکره را داراست و به خوبی می تواند همه این توانایی ها را مدیریت کند. برخی دیگر از توانایی هایی که یک کارآفرین میتواند داشته باشد این است در بخش های مختلف خلق ایده و ایجاد کار کند. در همایشی که چندی پیش توسط سازمان نظام مهندسی برگزار شد برخلاف چیزی که شرکت کنندگان مخصوصا دوستان تازه فارغ التحصیل متوجه شدند که کار آفرینی یعنی اشتغال زایی بحث ما این بود که شما هرکدام به تنهایی یک نفر هستید که باید کار ایجاد کنید نه اینکه آمده اید اینجا که یک میز پیدا شود و شما پشت آن بشینید. ما برنامه ای برای وضعیت اشتغال در صنعت معدن نداشتیم بلکه ما سعی داشتیم یک مدل های جهانی و مدل های داخلی چه در زمینه آموزشی چه در زمینه ایده از اکتشاف، استخراج، فرآوری و بازار داخلی و بین المللی را تعریف کنیم. و انتظار داشتیم که دوستان بخشی از قوه خلاقیتشان شکوفا بشود و خودشان خلق کار و خلق ایده کنند که این منجر به اشتغال می شود. و البته همانطور که می دانید وظیفه نظام مهندسی اشتغال زایی نیست.

تاثیر نهاد های دانشجویی از جمله انجمن های علمی را در این زمینه چگونه می بینید؟

بنظر من تعامل و ارتباط هرچه بیشتر انجمن های علمی دانشجویی با سازمان های نظام مهندسی مخصوصا که وظیفه این نهاد مهندسی نمودن فعالیت های معدنی کشور است به نفع بخش معدن کشور خواهد بود، شما فارغ التحصیلان دانشگاهی هستید و نیروی جوانی دارید که بسیار ارزنده هست، خوش فکر خلاق و آشنا به علوم نو هستید و سازمان نظام مهندسی سعی دارد بستر این ارتباط را فراهم کند. توصیه من این است که با همدیگر (سازمان ها و انجمن ها و حتی دانشگاه ها) بیشتر با هم درگیر کار باشیم و تعامل بیشتری داشته باشیم و کارگروه های مشترکی را با همکاری یکدیگر ایجاد کنیم تا بتوان ایده های نو را وارد بخش معدن کرد.

توصیه شما به دانشجویان حال حاضر چیست؟

توصیه میکنم که خودتون را به نرم افزار های زمین شناسی مجهز کنید، جستجو کنید و ببینید در دنیا علوم نوین چیست و اینکه حتما کارآموزی و بازدید های معدنی را حتی با هزینه شخصی در اصل برنامه های خود قرار دهید. می توانید در قالب گروه های ۳ یا ۴ نفره با همدیگر که همفکر هستید در خصوص یک معدن بخصوص در مورد اطلاعات معدن مورد نظر (مختصات جغرافیایی و ...) مطالعه کنید. با

مدیران معدن هماهنگ کنید و از آنها وقت بگیرید که از معادن بازدید کنید این افراد قطعا پذیرای شما هستند. یعنی هر یک از فارغ التحصیلان لیسانس دوره معدن و زمین شناسی حداقل باید ۳ ، ۴ معدن بزرگ را هرکدام ۱ تا ۲ روز بازدید کنند (معدن بزرگ مثل سرچشمه ، میدوک ، گل گهر و ...)

کارآموزی جزو وظایفان هست و شاید هم به دید "چیزی که باید بگذره..." به آن نگاه کنید و خیلی جدی گرفته نشود. اما شما باید جدی تر به این کارآموزی ها نگاه کنید. چون که مثلا خیلی ها دنبال این هستند که فقط یک امضا بگیرند و به محل سکونتشان برگردند. کارآموزی ها را بسیار جدی بگیرید و حضور دایمی درمعدن و مناطق معدنی و کارخانه ها داشته باشید. خودتان به صورت گروه های چند نفره بروید و از روی نقشه های زمین شناسی ، زمین شناسی ایران را ببینید.

علاوه برمسائل تئوری با اساتیدی که چه به صورت دانشگاهی و چه به صورت تجربی در فعالیت های معدنی از اکتشاف تا بازار مواد معدنی درگیر هستند بیشتر تعامل کنید نشست و برخاست کنید، خودتان بازار را بررسی کنید و خلاء های موجود را ببینید یعنی در واقع بخش در معدن در بخش مورد علاقتون مطالعه داشته باشید و خودتان را از این نظر قوی کنید. صرفا در بند مسایل تئوری نباشید و وقتی فارغ التحصیل می شوید با بخش معدن آشنا باشید من این را به شما بگویم که اگر شما یک فارغ التحصیل خوب باشید با اطلاعات خوب تئوری و کمی هم آموزش های نرم افزاری و آشنا و علاقمند بروید و در جاهای مختلف مجانی کار بکنید، دوره هایی رو ۶ ماه ۸ ماه ۱ سال مجانی ببینید و انتظار مادی نداشته باشید (چون در حال حاضر بخش معدن درآمدش کمی دارد) و خیلی انتظار نداشته باشید که از روز اول به شما حقوق کافی بدهند اگر واقعا خودتان توان علمی و صرفا علاقه شخصی داشته باشید شک نکنید که حتما در جایی که رفتید و کارآموزی مجانی کردید جذب خواهید شد.

سخن آخر

خسته نشوید و جدی باشید. انسان هایی در بخش معدن باقی میمانند که سخت کوش و محکم و قرص باشند. آدمایی که ضعیف برخورد کنند و فقط به فکر میز و دفتر باشند به صورت طبیعی حذف می شوند باید در کارهای معدنی وارد شوید، باید ۱۰ تا ۱۵ سال در صحرا فعالیت کنید. همیشه دنبال دانش فنی اجرایی و عملیاتی باشید بعد ها و با مرور زمان می توانید کارهایتان را به شهر بیاورید و متمرکز کنید ولی اصولا باید به دنبال کارهای صحرائی و کارهای کارگاهی بروید و تجربه کسب کنید.

For More Information Scan QR Code



International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 58 (2017) 157–167

Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Applied Earth Observation and
Geoinformationjournal homepage: www.elsevier.com/locate/jagAn improved data-driven fuzzy mineral prospectivity mapping
procedure; cosine amplitude-based similarity approach to delineate
exploration targetsMohammad Parsa^a, Abbas Maghsoudi^{a,*}, Mahyar Yousefi^b^a Faculty of Mining and Metallurgical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
^b Faculty of Engineering, Malayer University, Malayer, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 August 2016
Received in revised form 2 February 2017
Accepted 4 February 2017
Available online 16 February 2017

Keywords:

Cosine amplitude-based similarity
Fuzzy sets
Mineral prospectivity mapping
Distance distribution analysis

ABSTRACT

Weighting and synthesizing exploration evidence criteria for mineral prospectivity mapping (MPM) are affected by complexity and ambiguity of ore mineralization processes. In this regard, fuzziness could facilitate the modeling of such vague processes for MPM. Furthermore, imprecise selection of the exploration criteria to be used in MPM has negative influence on the efficiency of the generated prospectivity models. In this paper, of various exploration criteria, a coherent set of exploration features were recognized by using the distance distribution analysis. Then, the application of cosine amplitude-based similarity procedure was adapted as a data-driven fuzzy logic approach for predictive mapping of porphyry-Cu prospectivity in Arasbaran metallogenic zone, NW Iran. In addition, a conventional data-driven fuzzy prospectivity model was generated for comparison purpose. Comparison of the two models demonstrated the superiority of the cosine amplitude-based fuzzy procedure for MPM.

© 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.

REM - International Engineering Journal

On-line version ISSN 2448-167X

REM, Int. Eng. J. vol.70 no.1 Ouro Preto Jan./Mar. 2017

<http://dx.doi.org/10.1590/0370-44672016700071>Mining
MineraçãoOptimizing short-term
production plan using a
portfolio optimization model<http://dx.doi.org/10.1590/0370-44672016700071>

Morteza Osanloo

Amirkabir University of Technology
Dept. of Mining and Metallurgical Engineering
Tehran - Iran (the Islamic Republic of)
morteza.osanloo@gmail.com

Mehdi Rahmanpour

Amirkabir University of Technology
Dept. of Mining and Metallurgical Engineering
Tehran - Iran (the Islamic Republic of)
rahmanpour@aut.ac.ir

Abstract

Short-term production plans are the basis for operational mine production schedules. They concentrate on making long-term mine plans operationally feasible. It ensures a steady flow of product for meeting blending targets. Due to the quality variation of material, blend optimization is an uncertainty based optimization problem. There are different approaches toward uncertainty management and the current paper investigates a portfolio optimization model in order to minimize the risks in short-term plans. In this paper, a fuzzy linear programming model is formulated to provide a set of options for the mine plan. These blending options are treated as portfolios. Then a model for the optimal selection of a portfolio is introduced. The objective of the model is to maximize the expected return of the portfolio under constraints limiting its variance. The model is applied in a limestone mine complex.

Keywords: short-term planning, portfolio optimization, fuzzy linear programming, uncertainty.





Contents lists available at ScienceDirect

Tunnelling and Underground Space Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/tust

Evaluation of tool wear in EPB tunneling of Tehran Metro, Line 7 Expansion

Sadegh Amoun^a, Mostafa Sharifzadeh^{b,*}, Kourosh Shahriar^a, Jamal Rostami^c, Sadegh Tarigh Azali^d^a Department of Mining & Metallurgical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran^b Department of Mining Engineering, Western Australian School of Mines (WASM), Curtin University, Australia^c Department of Mining Engineering, Colorado School of Mines (CSM), United States^d Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 September 2015
Received in revised form 17 October 2016
Accepted 2 November 2016
Available online 17 November 2016

Keywords:

Tool wear
EPB-TBM
Primary wear
Secondary wear
Soft ground tunneling
Cutter life

ABSTRACT

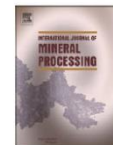
Wear of cutting tools and other components of the pressurized face tunnel boring machine which come in contact with the muck is an important parameter in soft ground tunneling. This is due to the need for cutterhead inspection and tool maintenance under pressurized conditions or "hyperbaric interventions" which is a time consuming, dangerous, risky, and costly activity. This study investigates the tool wear of an EPB-TBM used in Tehran metro line 7 over the initial 6500 m of tunnel. The ground along the tunnel alignment is mostly alluvial deposits, composed of gravely sand with clay/silt and sandy gravel with clay. In this project, the number of cutting tools replaced were 1169, including 654 rippers, 357 scrapers and 153 disc cutters. In this paper the influence of geological parameters and operational factors on tool wear is examined. The results show that by increasing TBM thrust, earth pressure, and torque, the cutter consumption generally increases. Also, soil conditioning plays an important role in controlling cutter wear, so that the tool wear can be reduced even in coarse-grained soils by improving the soil conditioning parameters. Quantitative analysis of these parameters for this project and a brief discussion of their implications is offered. Also, multiple linear regression analysis was used to seek the best correlation between the cutter wear and ground / opening variables, and correlation coefficient of up to 0.98 have been observed. This highlights the potential of developing models for tool wear prediction by multiple regression, if sufficient data is collected in soft ground tunneling projects.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Mineral Processing

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijminpro

Technological scheme for copper slag processing

Stoyko Gyurov^a, Nikolay Marinkov^b, Yoanna Kostova^a, Diana Rabadjieva^{b,*}, Daniela Kovacheva^b, Christina Tzvetkova^b, Galia Gentscheva^b, Ivan Penkov^a^a Academician Angel Balevski Institute of Metal Science, Equipment and Technologies with Center for Hydro and Aerodynamics, Bulgarian Academy of Sciences, 67 "Shipchenski Prohod" str., 1574 Sofia, Bulgaria^b Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, "Acad. Georgi Bonchev" str. bld. 11, 1113 Sofia, Bulgaria

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 April 2016
Received in revised form 4 November 2016
Accepted 10 November 2016
Available online 13 November 2016

Keywords:

Copper slag processing
Silica gel
Iron rich residue
Thermal oxidizing
Hydrothermal treatment

ABSTRACT

A technological scheme for copper slag processing is proposed. It comprises 5 stages, namely: (i) air oxidation of the copper slag at a temperature above 800 °C for 2 h; (ii) hydrothermal treatment of the oxidized slag with sodium hydroxide solution (140 g/l) at 190 °C for 3 h; (iii) separation of the solid from the liquid phase by hot filtration; (iv) gel formation through hydrolysis of the liquid silicate phase by changing pH; (v) obtaining of amorphous SiO₂ (silica gel) by drying at 80 °C. The processes used for slag manipulation were elucidated and optimized for silicon extraction. It was established that the increase in the oxygen partial pressure in the oxidizing gas does not change the mechanism nor significantly intensifies the oxidizing process. A decisive factor for the extraction of SiO₂ during hydrothermal treatment was the concentration of NaOH. Its increase from 60 to 140 g/l reduced the amount of residual SiO₂ more than half and significantly decreased the formation of analcime (NaAlSi₂O₆·H₂O) in the solid phase. Hydrolysis of the liquid silicate phase by changing pH is an appropriate process for gel formation.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.



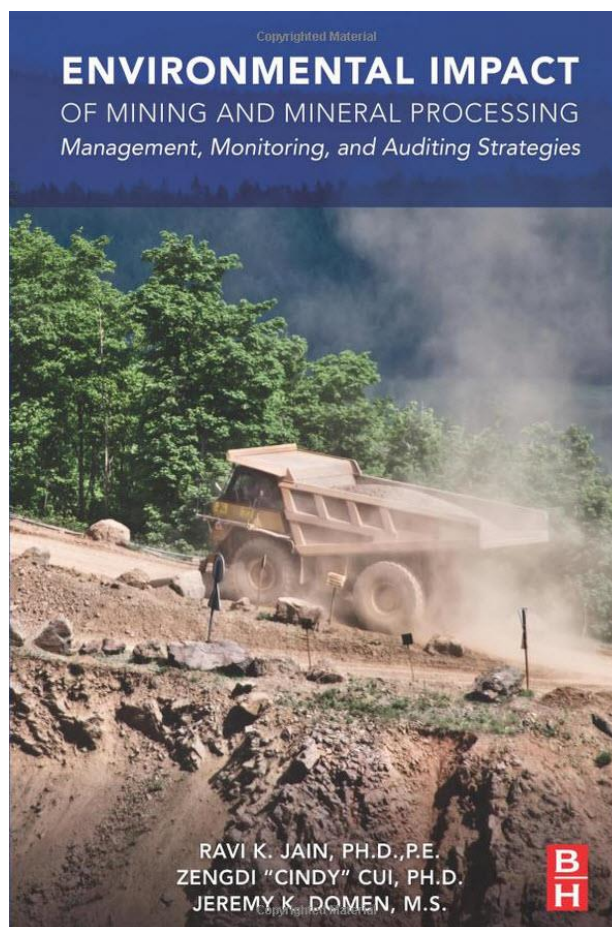
Environmental Impact of Mining and Mineral Processing: Management, Monitoring, and Auditing Strategies

ISBN: 0128040408

Author: Ravi Jain

Publisher: Butterworth-Heinemann

Published: Sep 2015



This book covers all the aspects related to mining and the environment, including environmental assessment at the early planning stages, environmental management during mine operation, and the identification of major impacts. Technologies for the treatment of mining, mineral processing, and metallurgical wastes are also covered, along with environmental management of mining wastes, including disposal options and the treatment of mining effluents.

- Presents a systematic approach for environmental assessment of mining and mineral processing projects
- Provides expert advice for the implementation of environmental management systems that are unique to the mining industry
- Effectively addresses a number of environmental challenges, including air quality, water quality, acid mine drainage, and land and economic impacts
- Explains the latest in environmental monitoring and control systems to limit the environmental impact of mining and processing operations

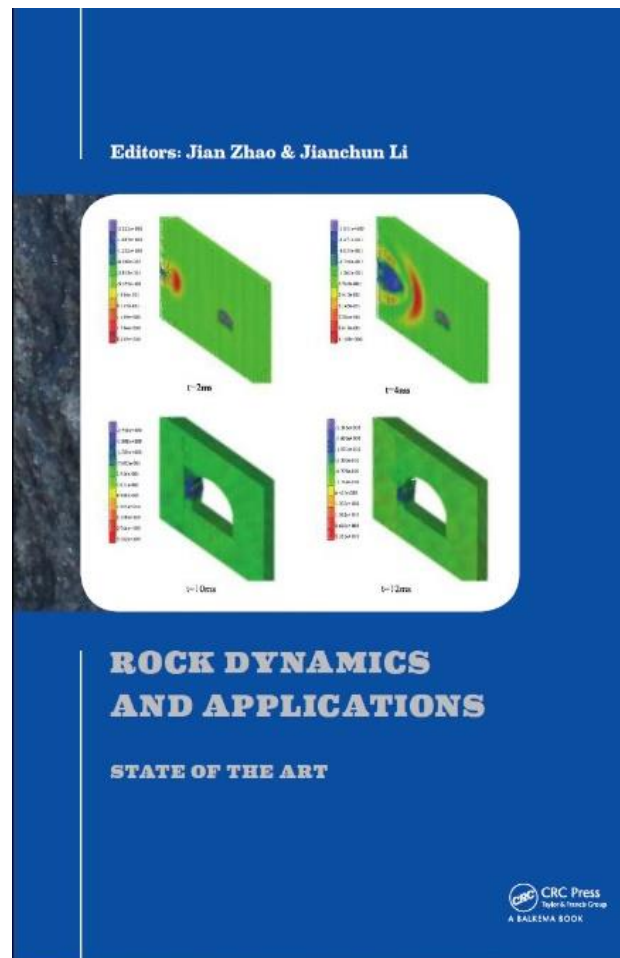
Rock Dynamics and Applications - State of the Art

ISBN: 978-1-138-00056-8

Editors: Jian Zhao & Jianchun Li

Publisher: Taylor & Francis Group

Published: Jun 2013



Rock dynamics studies the response of rock materials and rock masses under dynamic loading conditions. In the last a couple of decades, the development of experimental and computational techniques has been able to capture the progress of fracturing in microsecond steps, allowing the exploration on how the fracture is initiated, propagated and branched, leading to the development of new scientific theories. A summary of these developments on rock dynamic testing, modeling and theory will help the scientific and engineering community to consolidate the understanding of rock dynamics and to apply the knowledge to practice.

Rock Dynamics and Applications – State of the Art reviews the state-of-the-art of rock dynamics scientific research and engineering applications. The 77 technical papers, including 13 keynotes cover dynamics theory and numerical modelling, laboratory testing and field observation, engineering design and case study, focus on the dynamic aspects of rock mechanics and rock engineering. The book will be useful to academics and engineers interested in rock dynamics and its applications in rock mechanics and rock engineering.

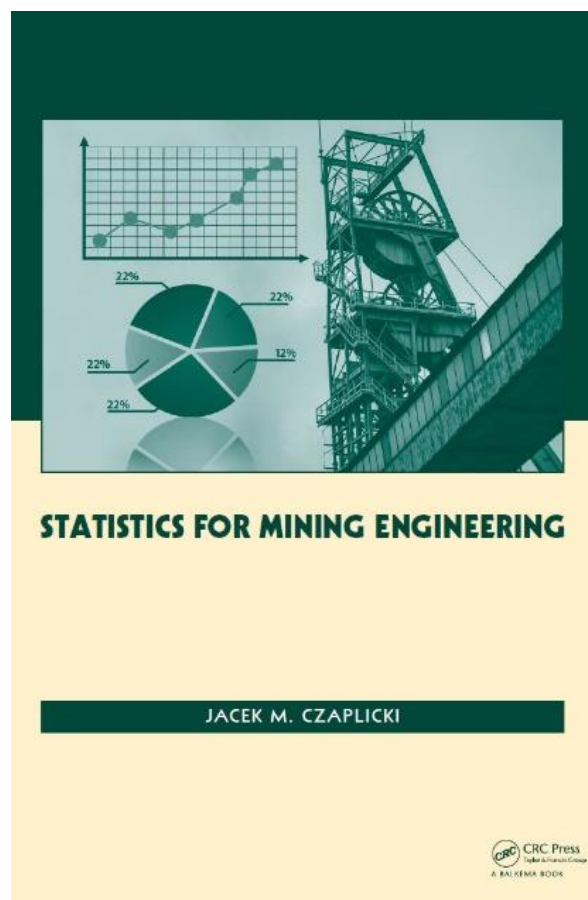
Statistics for Mining Engineering

ISBN: 978-1-138-00113-8

Authors: Czaplicki, Jacek M.

Publisher: CRC Press LLC

Published: Jan 2014



Many areas of mining engineering gather and use statistical information, provided by observing the actual operation of equipment, their systems, the development of mining works, surface subsidence that accompanies underground mining, displacement of rocks surrounding surface pits and underground drives and longwalls, amongst others. In addition, the actual modern machines used in surface mining are equipped with diagnostic systems that automatically trace all important machine parameters and send this information to the main producer's computer. Such data not only provide information on the technical properties of the machine but they also have a statistical character. Furthermore, all information gathered during stand and lab investigations where parts, assemblies and whole devices are tested in order to prove their usefulness, have a stochastic character. All of these materials need to be developed statistically and, more importantly, based on these results mining engineers must make decisions whether to undertake actions, connected with the further operation of the machines, the further development of the works, etc. For these reasons, knowledge of modern statistics is necessary for mining engineers; not only as to how statistical analysis of data should be conducted and statistical synthesis should be done, but also as to understanding the results obtained and how to use them to make appropriate decisions in relation to the mining operation.

This book on statistical analysis and synthesis starts with a short repetition of probability theory and also includes a special section on statistical prediction. The text is illustrated with many examples taken from mining practice; moreover the tables required to conduct statistical inference are included.

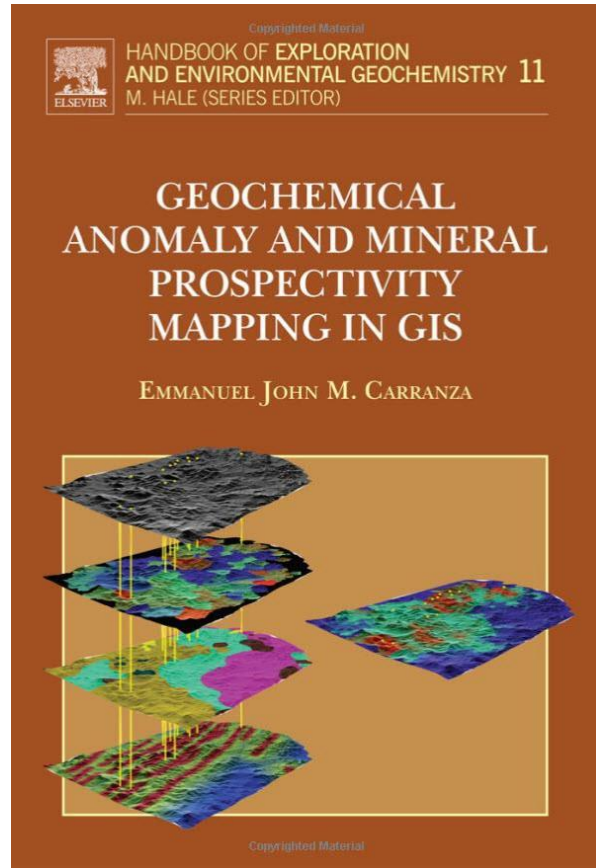
Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS, Volume 11

ISBN: 978-0-08-093031-2

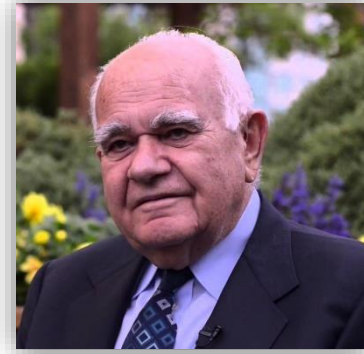
Authors: E.J.M. Carranza

Publisher: Elsevier

Published: Nov 2008



The book documents and explains, in three parts, geochemical anomaly and mineral prospectivity mapping by using a geographic information system (GIS). Part I reviews and couples the concepts of (a) mapping geochemical anomalies and mineral prospectivity and (b) spatial data models, management and operations in a GIS. Part II demonstrates GIS-aided and GIS-based techniques for analysis of robust thresholds in mapping of geochemical anomalies. Part III explains GIS-aided and GIS-based techniques for spatial data analysis and geo-information synthesis for conceptual and predictive modeling of mineral prospectivity. Because methods of geochemical anomaly mapping and mineral potential mapping are highly specialized yet diverse, the book explains only methods in which GIS plays an important role. The book avoids using language and functional organization of particular commercial GIS software, but explains, where necessary, GIS functionality and spatial data structures appropriate to problems in geochemical anomaly mapping and mineral potential mapping. Because GIS-based methods of spatial data analysis and spatial data integration are quantitative, which can be complicated to non-numerate readers, the book simplifies explanations of mathematical concepts and their applications so that the methods demonstrated would be useful to professional geoscientists, to mineral explorationists and to research students in fields that involve analysis and integration of maps or spatial datasets. The book provides adequate illustrations for more thorough explanation of the various concepts.



Dr. Evert Hoek

Dr Hoek was born in Zimbabwe and graduated in mechanical engineering from the University of Cape Town in South Africa in 1955. For his post-graduate work he specialised in experimental stress analysis and obtained a master's degree for his work on three-dimensional photoelastic techniques. In 1958 he joined the South African Council for Scientific and Industrial Research and became involved in the application of stress analysis techniques to the study of rock stress problems in deep level gold mines. He was awarded a PhD in 1965 by the University of Cape Town for a thesis on brittle fracture in rock.

In 1966 he accepted an invitation from the Imperial College of Science and Technology, one of the colleges of the University of London, to establish an interdepartmental centre of research and teaching in rock mechanics. He was appointed Professor of Rock Mechanics in 1970 and awarded a DSc in Engineering by London University in 1975.

In 1975 he moved to Canada as a Principal of Golder Associates, an international geotechnical consulting firm. In 1987 he accepted the post of Industrial Research Professor of Rock Engineering in the Department of Civil Engineering at the University of Toronto.

Dr Hoek returned to a full time consulting practice in Vancouver in 1993. He is now an independent consultant and is a member of a number of consulting boards and a technical review consultant on several major civil and mining engineering projects. He has recently worked on projects in Canada, Greece, India, Venezuela, Chile, Hong Kong, Indonesia, Australia and the Philippines.

He has published numerous technical papers and three books: "Rock Slope Engineering", "Underground Excavations in Rock" and his most recent book on rock support for hard rock excavations, co-authored with Professors P.K. Kaiser and W.F. Bawden, was published in January 1995. Amongst the awards which he has received are the E. Burwell Award from the Geological Society of America (1979), Elected a Fellow of the Royal Academy of Engineering, UK (1982), Rankine Lecturer, British Geotechnical Society. (1983), The Gold Medal of the Institution of Mining and Metallurgy, UK, (1985), The Mueller Award, International Society of Rock Mechanics (1991), William Smith Medal, Geological Society of London, (1993), the award of an honorary DSc in Engineering by the University of Waterloo, Canada (1994) and presentation of the Glossop Lecture to the Geological Society in London (1998).



Anecdotes

“Unfortunately, soils are made by nature and not by man, and the products of nature are always complex... As soon as we pass from steel and concrete to earth, the omnipotence of theory ceases to exist. Natural soil is never uniform. Its properties change from point to point while our knowledge of its properties are limited to those few spots at which the samples have been collected. In soil mechanics the accuracy of computed results never exceeds that of a crude estimate, and the principal function of theory consists in teaching us what and how to observe in the field.”^۱

“I produced my theories and made my experiments for the purpose of establishing an aid in forming a correct opinion and I realized with dismay that they are still considered by the majority as a substitute for common sense and experience.”

The Father of Geotechnical Engineering – Karl von Terzaghi

“There are many arts and sciences of which a miner should not be ignorant. First there is Philosophy, that he may discern the origin, cause, and nature of subterranean things; for then he will be able to dig out the veins easily and advantageously, and to obtain more abundant results from his mining. Secondly there is Medicine, that he may be able to look after his diggers and other workman ... Thirdly follows astronomy, that he may know the divisions of the heavens and from them judge the directions of the veins. Fourthly, there is the science of Surveying that he may be able to estimate how deep a shaft should be sunk ... Fifthly, his knowledge of Arithmetical Science should be such that he may calculate the cost to be incurred in the machinery and the working of the mine. Sixthly, his learning must comprise Architecture, that he himself may construct the various machines and timber work required underground ... Next, he must have knowledge of Drawing, that he can draw plans of his machinery. Lastly, there is the Law, especially that dealing with metals, that he may claim his own rights, that he may undertake the duty of giving others his opinion on legal matters, that he may not take another man's property and so make trouble for himself, and that he may fulfil his obligations to others according to the law.”^۲

The father of mineralogy – Georgius Agricola

^۱ found in the excellent biography of Karl Terzaghi, authored by Professor D. Goodman, titled “Karl Terzaghi, the engineer as artist”, published by the ASCE

^۲ https://todayinsci.com/A/Agricola_Georgius/AgricolaGeorgius-Quotations.htm



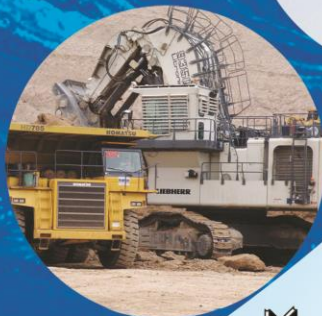
چهارمین همایش ملی معادن روباز

۲۴ تا ۲۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۶

دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان

محورهای همایش

- فرصت های سرمایه گذاری در معادن روباز کشور
- طراحی
- ژئومکانیک
- پایداری شیب
- پایش و ابزاربندی
- ترابری
- حفاری و انفجار
- برنامه ریزی تولید
- تاثیر پذیری متقابل معادن روباز و زیر زمینی
- فتوگرامتری کوتاه برد
- زهکشی
- ایمنی و محیط زیست
- بازسازی
- مدیریت و اقتصاد
- آموزش و پژوهش



دانشگاه شاهرود



شرکت توسعه منابع ایران



انجمن کانیات و فلزات ایران



انجمن مهندسی معادن ایران

حامیان مالی
همایش



انجمن مهندسی معادن و کانیات ایران

IMIDRO
سازمان توسعه و نو سازی
معادن و صنایع معدنی ایران



MIDHCO



شرکت معدنی و صنعتی فولاد



دانشگاه آزاد اسلامی



دانشگاه آزاد اسلامی



دانشگاه آزاد اسلامی



راه سازی و معدنی



دانشگاه آزاد اسلامی



سازمان نظام مهندسی
معادن



شرکت معدنی و صنعتی فولاد

تاریخ برگزاری همایش: ۲۴ تا ۲۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۶

مهلت ارسال مقالات: ۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۵

اعلام نتایج داوری مقالات: ۱۵ فروردین ماه ۱۳۹۶

آخرین مهلت ثبت نام در همایش و کارگاه ها: ۳۱ فروردین ماه ۱۳۹۶

آدرس دبیرخانه:

کرمان، بلوار جمهوری اسلامی، دانشگاه شهید باهنر کرمان،
دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی معدن

کد پستی: ۷۶۱۸۸۶۸۳۶۶

تلفن و دورنگار: ۰۳۴ - ۳۲۱۲۰۹۶۱

پست الکترونیک: iopmc@conf.uk.ac.ir

وب سایت: http://iopmc.uk.ac.ir

@IOPMC



کرمانشاه



ISC



GICRI



IIRGPR



دانشگاه آزاد اسلامی



دانشگاه آزاد اسلامی





اشتراک مجله بلور

نام خانوادگی :	نام :
شغل :	میزان تحصیلات :
تعداد مورد تقاضا از هر شماره :	سمت :
	نشانی کامل پستی :
فکس :	تلفن :
	صندوق پستی :

خواهشمند است جهت اشتراک نشریه بلور به سایت انجمن علمی مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر مراجعه نمایید. شما میتوانید با وارد کردن اطلاعات جدول در ایمیل خود و پرداخت هزینه مربوطه، شماره دلخواه این مجله را دریافت کنید.