



فصلنامه علمی تخصصی مهندسی معدن  
دانشجویان دانشگاه صنعتی امیرکبیر

بلور سال دهم شماره ۱۸ پاییز ۱۳۸۵  
قیمت: ۷۰۰ تومان  
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

فهرست

۱.....	سرمقاله	<b>صاحب امتیاز:</b> انجمن علمی مهندسی معدن و نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲.....	مقالات تخصصی	<b>مدیر مسئول:</b> احسان نصرت
۶.....	نگاهی به تولید و ارزش افزوده تولیدی بخش معدن	<b>زیر نظر شورای سردبیری:</b> محسن بحرینی (سردبیر)
۹.....	اهمیت بازاریابی ایتدیوم از باطله لیچینگ روی	<b>مشاوران علمی:</b> امیر آرش رفیعی مهرآبادی، آسیه حکمت، امید اصغری، سعید سلطانی محمدی
۱۲.....	روش نو در تعیین میزان خرج چال ها	<b>دبیر کمیته اجرایی:</b> امیر چمنی فرد
۱۴.....	فاجعه پالایشگاه تهران	<b>دبیر کمیته روابط عمومی:</b> یکتا داودی
۲۰.....	شبهه سازی کانساری آهن چغارت	<b>دبیر کمیته ارتباط با صنعت:</b> محمد علی ملکی تهرانی
۳۱.....	آخرین یافته های تحقیقاتی در مدلسازی ریاضی و شبهه سازی رایانه ای فرایندها و مدارهای خردایش	<b>همکاران:</b> (علمی): محمد سلسبیلی، سید امیر رضوی خسروشاهی (اجرایی): عماد چمنی فرد (روابط عمومی): محمد لشگری، انوشه عبدالهپور، مریم حیدریان (ارتباط با صنعت): فریدون توکلی، پیمان قیصر
۳۳.....	میدان گازی پارس جنوب در یک نگاه	<b>مسئول سایت:</b> سعید هادیزاده
۳۵.....	کاربرد Telltate در معادن مکانیزه	<b>ویراستار:</b> غزاله رضائی
	کاربرد روش فرکتالی عیار، محیط	<b>صفحه آرا:</b> سید ایمان جلالی
	مصاحبه	<b>طرح جلد:</b> محمد لشگری
	مصاحبه با مهندس جواد حقانی	
۴.....	دبیر پنجمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن	
	گزارش	
	برگزاری مجمع عمومی جامعه فارغ التحصیلان	
۳۴.....	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	
	گوناگون	
۲۶.....	معرفی نرم افزار	
۲۸.....	معرفی سایت	
۲۹.....	معرفی کتاب	

آدرس: خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی معدن، متالوژی و نفت، طبقه همکف، دفتر نشریه بلور

تلفکس: ۶۴۵۴۲۹۴۲

magazine@yahoo.com-mail: bolur-E

Site: www.bolur.com

- نشریه در ویرایش، گزینش عنوان اصلی و انتخاب عکس برای مطالب دریافتی آزاد است.
- مطالب، مقاله ها و عکس های دریافتی مسترد نخواهد شد.
- استفاده از مطالب مجله با ذکر مآخذ آزاد است.

# سرمقاله

امروزه علم، تکنولوژی و صنعت رشد بسزایی یافته است و هر روز بر نرخ این رشد افزوده می‌شود. بی شک هر بخش صنعتی که بتواند خود را با این رشد همسو سازد و یا در این رشد نقشی ایفا نماید موفق خواهد بود.

صنعت معدنکاری با توجه به ویژگی‌های خاص این صنعت نیاز شدیدی به تکنولوژی‌های روز دنیا دارد، چرا که از یک سو اکتشافات در اعماق زمین، استخراج از عیارهای مختلف و فرآوری باید با افزایش تولید و در نتیجه کاهش هزینه و افزایش درآمدها همراه گردد و از دیگر سو بازگشت سرمایه را سریعتر نماید.

با اینکه ایران جزء نخستین کشورهای صاحب تکنولوژی معدنکاری در منطقه بوده است، اما از آغاز راه معدنکاری فاصله‌ی چندانی نگرفته است، چرا که با سرعتی که تکنولوژی در حال رشد است همراه نگردیده و از آن عقب مانده است. از نگاه دیگر، می‌توان گفت که معدنکاری یکی از صنایعی است که در ارتباط با صنایع دیگر می‌باشد و رشد و پیشرفت صنایع دیگر است که رشد صنعت معدنکاری را به دنبال دارد. در کشورمان عدم رشد برخی از صنایع که معدنکاری به آنها وابسته است بسیار مشهود است و به طبع آن معدنکاری نیز در پیشرفتی کند داشته است.

بی شک دانشگاه را می‌توان به عنوان رکن اساسی در پیشرفت هر کشوری قلمداد کرد، در واقع این دانشگاه است که پژوهش‌ها و تحقیقات علمی از آنجا سرچشمه می‌گیرد و هر پیشرفتی در تکنولوژی در پی پژوهش‌ها و تحقیقات صورت می‌گیرد، با این اصل می‌توان دانشگاهیان را از عاملین اصلی ایجاد تکنولوژی‌های جدید نام برد. در کشورهای توسعه یافته، دانشگاهها به عنوان محور کلیه فعالیت‌های علمی، در حال تلاش برای ایجاد تکنولوژی‌های جدید هستند. در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم نیز این دانشگاهیان هستند که تکنولوژی‌های روز دنیا را بررسی می‌کنند و با تعاملی که با صنایع مرتبط دارند، این بررسی‌ها و به طبع آن نوآوری‌های خود را در اختیار آنها قرار می‌دهند و به این ترتیب در جهت پیشرفت گام بر می‌دارند. متأسفانه در ایران این مسأله به خصوص در مورد مهندسی معدن و صنایع وابسته کمتر به چشم می‌خورد، که مهمترین علت آن را می‌توان عدم ارتباط صحیح صنعت و دانشگاه دانست. هر جا که صنعت با دانشگاهیان در ارتباط متقابل بوده است، پیشرفت‌هایی داشته است، اما صنایعی که ساده و با نگاه سطحی به این مسأله می‌نگرند و یا اینکه بدون توجه به صورت مسأله به ثمره آن می‌پردازند و خود و دانشگاهیان را در دو مسیر جداگانه قرار می‌دهند، به چیزی جز خسران دست پیدا نمی‌کنند. پس به جا است که ارتباط دانشگاه و صنعت را مستحکم کنیم تا به این ترتیب بتوانیم در جهت پیشرفت و ایجاد تکنولوژی موفق باشیم.

عدم استفاده از تکنولوژی‌های روز دنیا سبب کاهش ریسک‌پذیری سرمایه‌گذاران داخلی در بخش معدن می‌گردد و ترس از عدم بازگشت سرمایه و یا بازگشت دیر هنگام سرمایه، سرمایه‌گذاران را از بخش معدن دور کرده و وارد صنایع زود بازده می‌کند. حضور سرمایه‌گذاران خارجی و شرکت‌های دارای تکنولوژی‌های روز دنیا در ایران نه تنها بخش معدن ایران را به سوی پیشرفت می‌کشاند، بلکه هراس سرمایه‌گذاران داخلی را نیز برای حضور در بخش معدن کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد آنچه که امروزه می‌تواند بخش معدن کشور را گام‌ها به جلو براند استفاده از تکنولوژی‌های روز دنیا همراه با برنامه‌ریزی‌های صحیح، حضور سرمایه‌گذاران خارجی و ترغیب سرمایه‌گذاران داخلی برای حضور در بخش معدن و مهم‌تر از همه توجه مسئولین کشور به این صنعت می‌باشد. امید است در طی تدوین استراتژی معدن در وزارت صنایع و معادن به اهمیت سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و به خصوص سرمایه‌گذاری خارجی در بخش معدن توجه بیش از پیش مبذول شود.

سردبیر

# نگاهی به تولید ارزش افزوده تولیدی بخش معدن

محمد سلسیلی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

ایران با تولید ناخالص ملی ۱۹۶ میلیارد دلار و رشد اقتصادی ۵/۶ درصد و نرخ تورم ۱۲ درصد در سال ۲۰۰۵، به عنوان یک کشور پرجمعیت و تاثیرگذار در منطقه خاورمیانه شناخته می شود. امور بخش معدن در کشور به عهده وزارت صنایع و معادن است. همچنین با توجه به قانون معادن، امکان فعالیت بخش خصوصی نیز تا حدودی فراهم شده است. سرمایه گذاری در بخش معدن را می توان به دو قسمت مواد معدنی فلزی و غیر فلزی تقسیم کرد. سرمایه گذاری در بخش فلزی بیشتر توسط دولت انجام شده است و معادن بزرگ این بخش نیز اکثراً دولتی هستند؛ البته در سالهای اخیر زمینه واگذاری سهام این معادن به بخش خصوصی نیز فراهم شده است ولی با توجه به عدم وجود زیرساختهای مناسب و نبود بنگاههای بزرگ خصوصی معدنی، این امر با مشکلاتی مواجه شده است. بخش غیر فلزی نیز که در برگیرنده سنگهای تزئینی و کانه های غیر فلزی است، بیشتر مورد توجه بخش خصوصی بوده که مهمترین علت آن کوچک مقیاس بودن آنها است. این معادن با سرمایه گذاری کمتر، عمدتاً توسط افراد عادی و غیر متخصص، اداره می شود که این امر باعث شده اغلب معادن این بخش غیر فعال و حتی فصلی باشند؛ از دیگر مشکلات این دسته از معادن می توان به عدم فرآوری و پایین بودن ارزش افزوده این بخش اشاره کرد. به هر حال در بخش غیر فلزی، معادن سنگهای تزئینی پر سود ترین و بزرگترین معادن را تشکیل می دهند. در متن زیر به تولید و ارزش افزوده بخش معدن اشاره ای کوتاه خواهد شد.

با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی ایران و واقع شدن بر روی یکی از کمربندهای اصلی کوهزایی، ایران فعالیت های ماگمایی و ولکانیکی زیادی را پشت سر گذاشته که این امر موجب غنی شدن مواد معدنی و تشکیل ذخایر گوناگون و متنوع (بیش از ۶۰ نوع ماده معدنی اعم از فلزی، غیر فلزی، سنگ های ساختمانی و ...) شده است. سهم نسبی تولیدات مواد معدنی ایران در جهان ۱/۵۷ درصد است که با داشتن ذخیره قطعی و احتمالی ۵۵ میلیارد تن مقدار ناچیزی است. مطابق استانداردهای جهانی، میزان استخراج مواد معدنی حداقل بایستی یک درصد ذخایر شناخته شده را دربرگیرد که در این صورت میزان استخراج سالانه مواد معدنی کشور باید بیش از ۵۰۰ میلیون تن باشد؛ در

جدول ۲: آمار تولید مواد معدنی فلزی در سال ۸۴ (هزارتن)

نام محصول	سال ۸۴	درصد تغییر نسبت به سال ۸۳
استخراج سنگ آهن	۲۶۳۳۰/۲	۲۷/۶
استخراج سنگ مس	۲۰۰۵۱/۲	۱۲/۹
کنسانتره مس و مولیبدن	۵۴۴/۵	۱۹/۵
مس کاند	۱۷۸	۱۶/۷

جدول ۳: تولید ناخالص ملی بر حسب فعالیت های اقتصادی (میلیارد ریال)

سال	ارزش افزوده صنعت	به GDP پایه	ارزش افزوده معدن	سهم ارزش افزوده معدن	سهم ارزش افزوده صنعت
۷۵	۲۸۳۸۰۶	۳۶۴۸۵	۱۶۸۳	۰/۵۹	۱۲/۸۶
۷۶	۲۹۱۷۶۸	۴۰۷۵۱	۱۶۰۱	۰/۵۵	۱۳/۹۷
۷۷	۳۰۱۳۹	۳۹۰۷۵	۱۶۵۱	۰/۵۵	۱۳/۰۲
۷۸	۳۰۴۹۴۱	۴۲۲۶۵	۱۸۸۰	۰/۶۲	۱۳/۸۶
۷۹	۳۲۰۰۶۹	۴۶۸۸۱	۱۸۲۹	۰/۵۷	۱۴/۶۵
۸۰	۳۳۰۵۶۵	۵۲۴۵۹	۲۱۶۶	۰/۶۶	۱۵/۸۷
۸۱	۳۵۵۳۵۰	۵۸۲۳۰	۲۴۲۵	۰/۶۸	۱۶/۳۹
۸۲	۳۷۹۰۰۹	۶۳۹۹۵	۲۷۳۲	۰/۷۲	۱۶/۸۸
۸۳	۳۹۷۳۰۴	۷۱۶۷۰	۲۹۷۳	۰/۷۵	۱۸/۰۴

جدول ۱: آمار تولید محصولات معدنی و کانی غیر فلزی طی سال های ۷۵ الی ۸۳

ردیف	نام محصول	واحد سنجش	سال ۷۵	سال					درصد تغییر ۸۲ به ۸۳				
				۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰					
۱	استخراج مواد معدنی کل کشور	میلیون تن	۹۵/۵	۹۶	۱۰۱/۷	۱۰۴/۸	۱۱۰/۶	۱۱۹	۱۳۰/۵	۱۳۹	۱۵۲	۶/۰	۹/۴
۲	استخراج سنگ آهن	هزار تن	۷۴۰۰	۷۹۰۰	۱۰۵۰۰	۱۱۶۰۰	۱۱۷۸۰	۱۴۱۳۵	۱۷۹۰۴	۱۸۲۲۰	۲۰۹۰۰	۱۳/۹	۱۳/۵
۳	استخراج سنگ مس	هزار تن	۱۳۶۵۴	۱۳۹۵۴	۱۳۷۲۹	۱۳۷۷۰	۱۴۴۰۹	۱۵۵۵۱	۱۵۳۷۷	۱۴۹۲۵	۱۸۸۸۵	۴/۱	۲۶/۵
۴	دانه بندی و کنسانتره سنگ آهن	هزار تن	۴۲۱۵/۶	۴۸۵۰	۵۹۹۷/۷	۷۲۲۴	۷۳۱۲	۸۷۸۰	۱۰۵۲۹	۱۱۶۰۰	۱۲۸۰۰	۱۴/۹	۱۰/۳
۵	سیمان	هزار تن	۱۷۸۰۶	۱۹۳۷۶	۲۰۱۴۹	۲۲۰۸۰	۲۳۸۸۹	۲۶۶۴۵	۲۸۴۳۳	۲۹۷۸۳	۳۲۱۹۹	۷/۷	۸/۱

حالی که مطابق جدول ۳ این رقم در سال ۸۳، ۱۵۲ میلیون تن بوده که بسیار کمتر از میزان بالقوه است. مطابق جداولی که در ذیل آمده است از نظر تولید متوسط سالانه مواد معدنی، رشد ۶ درصدی دیده می شود که این رشد در بخش مواد فلزی مشهودتر است.

به عنوان مثال با بهره برداری مجتمع مس میدوک و ذوب خاتون آباد استخراج سنگ مس در سال ۸۲ به ۸۳ رشد قابل توجهی نشان می دهد و همچنین روند رو به رشد تولید مس در کشور، با توجه به بهره برداری مس سونگون می تواند یک پرش افزایشی را تجربه کند. طبق برنامه چهارم توسعه قرار است میزان تولید مس تا پایان برنامه به رقم ۳۵۰ هزار تن در سال برسد که هم اکنون براساس آمارهای سال ۸۴ این میزان برابر با ۱۷۸ هزارتن است. لازم به ذکر است به این ترتیب تعداد معادن بزرگ مس ایران نیز با بهره برداری رسیدن مس سونگون به چهار معدن خواهد رسید.

استخراج سنگ آهن نیز در سال ۸۴ نسبت به ۸۳ رشد بالای ۲۷ درصدی را نشان می دهد؛ این رشد در آمار شش ماهه سال ۱۳۸۵ هم دیده می شود که بیشتر مربوط به طرحهای توسعه معادن گل گهر و چادرملو است.

#### ارزش افزوده تولیدی

ارزش افزوده معدن به قیمت پایه در پایان برنامه توسعه سوم (۱۳۸۳) با رشد ۹/۶ درصدی نسبت به سال قبل ۲۹۷۲ میلیارد ریال بوده که سهم آن در تولید ناخالص ملی، برابر با رقم ناچیز ۰/۷۵ درصد است. البته کارشناسان این بخش نسبت به روش محاسبه ارزش افزوده معدن و در نظر گرفته نشدن آمار مربوط به تولید مس و فولاد و آلومینیوم که به عنوان صنایع معدنی هم شناخته می شوند، معترض هستند. البته مشخص نبودن مرز بخش معدن و صنعت، با توجه به ماهیت این دو بخش که مکمل یکدیگر هستند، طبیعی است. در تدوین استراتژی معدن نیز گردآوردندگان آن نسبت به محاسبه سهم معدن در تولید ناخالص ملی حساسیت نشان داده و یکی از اهداف تدوین استراتژی محاسبه صحیح آن بیان شده است. ولی به هر حال، تعداد بالای معادن، تولید کم آنها و متعاقباً تأثیر ناچیز آن بر اقتصاد، نشانه عقب ماندگی و عدم توسعه کشور در بخش معدن است.

جدول ۴: شرح ارزش افزوده معدن در سال ۱۳۸۲ به تفکیک ماده معدنی

شرح	جمع	استخراج سنگ تزئینی	استخراج سنگ آهن	استخراج شن و ماسه	سنگ مس	استخراج آهک	استخراج ذغالسنگ
تعداد معادن	۳۱۲۵	۵۵۱	۲۷	۱۱۶۱	۸	۲۳۳	۱۰۱
تعداد شاغلان (نفر)	۵۶۵۵۳	۱۰۶۰۸	۴۲۷۱	۱۰۹۰۶	۲۶۵۸	۲۴۹۸	۹۸۴۵
ارزش افزوده (میلیارد ریال)	۵۷۷۲	۱۲۴۱	۹۵۲	۷۲۷	۶۴۲	۵۴۰	۵۳۹

جدول ۵: سهم ارزش افزوده صنعت و معدن طی سالهای ۷۵ تا ۸۳ (قیمت های پایه سال ۷۶، میلیارد ریال)

شرح	سال ۷۵	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	متوسط رشد سالانه ۷۶-۸۳ درصد	متوسط رشد سالانه ۷۹-۸۳ درصد	تغییر درصد ۸۲ به ۸۳
تولید ناخالص داخلی به قیمت پایه	۲۸۳۸۰۶/۶	۲۹۱۷۶۸/۷	۳۰۰۱۳۹/۶	۳۰۴۹۴۱	۳۲۰۰۶۹	۳۳۰۵۶۵	۳۵۵۳۵۰	۳۷۹۰۰۹	۳۹۷۳۰۴	۴/۲۹	۵/۴۳	۴/۸
ارزش افزوده صنعت	۲۶۴۸۵/۰	۴۰۷۵۱/۳	۳۹۰۷۵/۶	۴۲۲۶۵	۴۶۸۸۱	۵۲۴۵۹	۵۸۲۳۰	۶۳۹۹۵	۷۱۶۷۰	۸/۸۱	۱۱/۱۴	۱۲/۰
ارزش افزوده معدن	۱۶۸۳/۱	۱۶۰۱/۵	۱۶۵۱/۶	۱۸۸۰	۱۸۲۹	۲۱۶۶	۲۴۲۵	۲۷۳۲	۲۹۷۳	۷/۳۷	۹/۶۰	۸/۸
ارزش افزوده صنعت و معدن	۳۸۱۶۸/۱	۴۲۳۵۲/۸	۴۰۷۲۷/۲	۴۴۱۴۵	۴۸۷۱۰	۵۴۶۲۵	۶۰۶۵۵	۶۶۷۲۷	۷۴۶۴۳	۸/۷۵	۱۱/۰۸	۱۱/۹

نکته دیگری که در بخش ارزش افزوده تولیدی مطرح می باشد، ناهماهنگی بین تعداد معادن و تولید آنها به تفکیک ماده معدنی می باشد، به طوری که معادن شن و ماسه، سنگهای تزئینی، سنگ لاشه و گچ به ترتیب بیشترین تعداد معادن را دارا می باشند اما از لحاظ ارزش افزوده، معادن مس و آهن و به طور کلی معادن فلزی، دارای ارزش افزوده نسبی خیلی بیشتری هستند. در جدول ۳ تعداد شاغلان نیز ذکر شده است که بیشتر افراد در معادن سنگهای تزئینی، شن و ماسه و زغالسنگ شاغل می باشند.

این ناهمگونی بین تعداد معادن و ارزش افزوده نسبی در مواد معدنی غیر فلزی ناشی از اعطای غلط و غیر اصولی مجوزهای بهره برداری و معدنی در این زمینه است که نظارت بیشتر و دقیقتر دولت به عنوان مجری قانون را می طلبد.

با توجه به تورم دو رقمی و نرخ بهره بالا در ایران، بیشتر سرمایه جذب بخشهای زود بازده شده و فعالیتهای تولیدی که نرخ بازگشت سرمایه طولانی تری دارند کمتر مورد توجه قرار می گیرند. با توجه به این که سرمایه گذاری در بخش معدن نیز دارای مدت زمان بازگشت سرمایه طولانی است؛ نیاز به سرمایه گذاری های دولتی در آن دیده میشود. اما تجربه نشان داده که هرچند که شاید دولت سرمایه گذار خوبی باشد اما سرمایه دار خوبی نیست؛ چنانکه اغلب بخش های دولتی با آنکه مورد حمایت قرار میگیرند، اما بهره وری کمی دارند. بنابراین بهترین گزینه اعطای وام های کم بهره به بخش تولیدی است که تاکنون این امر در بخشهای کشاورزی، صنعت و معدن کم و بیش صورت گرفته است؛ اما با توجه به اینکه با اعطای این وامها، مشکل سرمایه گذاری حل نشده و حتی باعث تشکیل واحدهای غیر اقتصادی و سودجو شده است؛ لزوم حمایت دولت در به وجود آوردن بنگاههای بزرگ خصوصی و ادغام شرکتهای کوچک دیده می شود که امید است با تدوین استراتژی معدنی و لحاظ کردن مشکلات بخش خصوصی و موانع تشکیل شرکتهای بزرگ خصوصی مرتفع شود.

#### منابع

۱. خلاصه عملکرد صنعت و معدن در سال ۱۳۸۲، وزارت صنایع و معدن
۲. گاهی به هشت سال عملکرد صنعت و معدن ۸۳-۱۳۷۶، وزارت صنایع و معدن
۳. آمار معادن در حال بهره برداری کشور، ۱۳۸۲
۴. هفته نامه خبری، تحلیلی و تخصصی معدن و توسعه

جناب آقای حقانی به عنوان اولین سوال، طی چه مراحل پنجمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن به دانشگاه صنعتی اصفهان سپرده شد؟

در مهر ماه سال ۱۳۸۳ هیئت مدیره انجمن علمی و صنعتی دانشجویان مهندسی معدن دانشگاه در جلسه‌ای تصمیم به برگزاری پنجمین دوره این کنفرانس گرفت، پس از آن طی رایزنی با مسئولین دانشکده و جلب موافقت همکاری ایشان موضوع به اطلاع مسئولین دانشگاه رسید و پس

از جلب موافقت ایشان، این درخواست به دبیرخانه مرکزی کنفرانس های دانشجویی مهندسی معدن ارسال شد. در جلسه ی این دبیرخانه در تاریخ ۱۳ اسفند ۱۳۸۳ با اکثریت آرا برگزاری این دوره بر عهده این مجموعه گذاشته شد.

**برنامه های دانشگاه صنعتی اصفهان**

برای کنفرانس را بیان فرمایید.

به طور خلاصه رابطه ی مسئولین دانشگاه با دبیرخانه پنجمین دوره- یعنی ما- در دو بخش بوده است، اول کمک مالی که این دانشگاه به عنوان یکی از حامیان جهت برگزاری به این کنفرانس

نموده است و دیگری تأمین کلیه تجهیزات لازم. از این بابت باید تشکر ویژه ای از جناب آقای دکتر قربانی ریاست دانشگاه و نیز جناب آقای دکتر حاج عباسی معاونت دانشجویی دانشگاه داشت چرا که اکنون به جرأت می توان اتاق های در اختیار دبیرخانه را مجهزترین بخش دانشکده معدن این دانشگاه دانست.

**در باره تعداد مقالات ارسالی و داوری**

**آن ها توضیحاتی بفرمایید.**

یکی از کارهای جدیدی که در این دوره و به ابتکار یکی از دانشجویان صورت گرفت بایگانی، ثبت و داوری رایانه ای مقالات بود. همانطور که می دانید مقالات در دو مرحله داوری شدند. در مرحله اول چکیده ها و پس از

مصاحبه با مهندس جواد حقانی دبیر پنجمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن

## کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن پلی میان صنعت و دانشگاه



آن اصل مقالات مربوط به چکیده‌های پذیرفته شده در مرحله قبل. بدین منظور نرم‌افزاری تهیه شده است که بخشی از آن شامل اطلاعات مقالات از نام و آدرس نویسنده آنها تا جواب هر داور برای آن مقاله است. در ضمن مشخصات و اطلاعات ثبت نامی کلیه شرکت کنندگان نیز در این نرم افزار ثبت می باشد.

### کیفیت مقالات را چه طور ارزیابی می کنید؟

هدف آغازین دبیرخانه برای این دوره جذب تعداد بیشتری مقاله از طرف مهندسين شرکت ها و سازمان ها نسبت به دوره‌های پیشین بود. در این راستا تنها به اشاره به یک مورد اکتفا می کنم آن هم توزیع بروشور اول به بیش از ۷۰۰ شرکت و سازمان در پایان سال ۸۴ است. تا به اینجا نتیجه‌ای که مد نظر ما بود حاصل شده است و در این دوره شاهد ارائه مقالات بخش صنعت در کنار تحقیقات ارزشمند دانشجویان و تعدادی از اعضای هیئت علمی دانشگاهها خواهیم بود. شایان ذکر است که این دوره نسبت به دوره‌های پیشین دارای آمار بی سابقه ۴۰۰ چکیده بود. در مورد کیفیت داوری مقالات نیز گفتن همین مورد کفایت که به نظر بسیاری از اساتید دانشگاه صنعتی اصفهان داوری در سطح بسیاری از کنفرانس ها و همایش های بین‌المللی انجام شده است.

### تفاوت این کنفرانس با کنفرانس های گذشته چه مواردی می تواند باشد؟

لازمه ی پاسخ گوئی به چنین سوالی ابتدا تشکر و ارج نهادن به فعالیت ها و تلاش

### در مورد کیفیت داوری مقالات نیز

گفتن همین مورد کفایت که

به نظر بسیاری از

اساتید دانشگاه صنعتی اصفهان

داوری در سطح بسیاری از

کنفرانس ها و همایش های

بین‌المللی انجام شده است

برگزارکنندگان دوره‌های پیشین است. اما علاوه بر دو موردی که قبلا به آن اشاره داشتیم یکی دیگر از تفاوت ها را میتوان در بخش نمایشگاه دانست. هر چند که در سایر کنفرانس ها و همایش ها غرفه‌های نمایشگاه همانند حامیان مالی آنها، اغلب به صورت فرمایشی تأمین میگردد ولی در این دوره تنها با تکیه بر تلاش افراد دبیرخانه مطمئنا یکی از قوی ترین و پر استقبال ترین نمایشگاهها را

خواهیم داشت.

### شرکت هایی که در این کنفرانس مشارکت داشته‌اند را نام ببرید.

قبل از این که به سوال شما پاسخ دهم باید به یک واقعیت اذعان نمود و آن شکاف تقریباً ناامیدکننده‌ای است که میان صنعت و دانشگاه به خصوص در بخش معدن در کشور وجود دارد. اما جای تقدیر و تشکر از توجه و همکاری‌های شرکت های زیر میباشد:

شرکت ملی صنایع مس، سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی، مدیریت پژوهش و توسعه شرکت ملی نفت، شرکت معدنی بابا، شرکت مهندسين مشاور زاینده آب، شرکت ریوتینتو، مجتمع فولاد مبارکه، شرکت فنی مهندسی خندق و همچنین مجری برگزاری نمایشگاه، پایگاه داده‌های صنعتی و معدنی.

### حمایت وزارت صنایع و معادن از این کنفرانس چگونه بوده است؟

حمایت وزارتخانه تنها به کمک مالی ساده‌ای محدود می شود. اما باید از راهنمایی‌ها و پیگیری های مداوم معاونت امور معادن وزارتخانه آقای دکتر بصیری تشکر خاصی داشته باشیم. به طور کلی وضعیت کلیه برنامه‌های نظیر این کنفرانس را در وزارتخانه‌های مربوطه در یک جمله می توان خلاصه نمود و آن اینکه (وزارتخانه ها از ارزش چنین برنامه‌هایی غافل هستند).

### نقش کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن را در ایجاد ارتباط میان دانشگاهیان و صنعتگران چگونه می بینید؟

خوشبختانه این چند دوره کنفرانس دانشجویی با برگزاری بسیار منظم و طبق برنامه خود توانسته است جای پای خود را تا حد قابل قبولی محکم نماید ولی شاید مهم تر از این موضوع، بحث اجرایی و عملیاتی کردن مقالات ارائه شده، در صنعت و به بیان دیگر هدفمند نمودن تحقیقات صورت گرفته در کشور است. این مهم شاید می بایست بسیار زودتر از این مورد توجه قرار می گرفت ولی تاکنون هیچ گام موثری در این جهت از طرف دولت‌های پیشین و فعلی برداشته نشده است، این موضوع چنان گسترده و مهم می باشد که از توان هر کنفرانس خارج است و مجری آن تنها می تواند نهاد قدرتمندی همچون وزارت صنایع و معادن باشد ولی با این حال قصد داریم تا پس از برگزاری این دوره شروع به جمع‌آوری و طبقه بندی اطلاعات مربوط به سرنوشت مقالات دوره های پیشین نماییم.

### آئیه چنین کنفرانس هایی را چگونه

### ارزیابی می کنید؟

شاید هیچ کس نتواند آینده‌ی این کنفرانس ها را به درستی ترسیم کند ولی در مورد کنفرانس‌های دانشجویی باید بگویم که برخلاف تصور عموم که در آن کنفرانس دانشجویی یعنی کنفرانسی که همه چیز آن دانشجویی می باشد، لفظ دانشجویی تنها

### برخلاف تصور عموم

که در آن کنفرانس دانشجویی یعنی کنفرانسی که همه چیز آن دانشجویی باشد، لفظ دانشجویی تنها تکیه بر این موضوع است که برگزارکنندگان آن دانشجویان هستند

تکیه بر این موضوع است که برگزارکنندگان آن دانشجویان هستند. این موضوع ایجادکننده بسیاری از مشکلات و گرفتاری های مربوط به این کنفرانس هاست. بنابراین آینده‌ی این کنفرانس ها را همان دانشجویانی معین خواهند نمود که شاید بیش از یک سال از وقت خود را صرف برگزاری آن می نمایند.

### در پایان اگر صحبت خاصی مد نظرتان است، بفرمایید.

ابتدا بگذارید از نشریه تخصصی بلور تشکر ویژه‌ای داشته باشم به خاطر چاپ و انتشار مستمر و مداوم مطالب و موضوعات ارزشمند در این چند سال اخیر و بعد از آن خرسندیم که اعتراف کنیم تنها دلیل و انگیزه‌ی ما برای مقابله با سختی ها و پستی و بلندی های کار، استقبال بسیار عالی دانشجویان چه در بخش ارائه مقالات و چه در بخش‌های اجرایی بود.

# اهمیت بازاریابی ایندیوم

## با المله لیچینگ روی

### چکیده

ایندیوم یک فلز چکش خوار و به رنگ سفید نقره‌ای است که به ترتیب اهمیت در کانسنگهای روی، مس و قلع یافت می‌شود. در عملیات فرآوری، ایندیوم به عنوان یک محصول فرعی در نظر گرفته می‌شود. یکی از روش‌های بازیافت روی، فرآیند Waelz است، در این روش فروشویی و تخلیص اولیه در بازیافت الکترولیتی در قطب کاتد شروع و متعاقباً توسط افزایش خردایش ایندیوم در پسماندها دنبال می‌شود. یکی دیگر از منابع دارای ایندیوم فرآیندهای مرتبط با بازیافت سرب و قلع در پالایشگاه‌ها (تصفیه خانه‌ها) و کوره‌های ذوب می‌باشد. ایندیوم می‌تواند با دیگر عناصر با ارزش از قبیل وانادیوم، تالیوم، گالیوم، ژرمانیوم و کادمیوم همراه باشد. کانی‌هایی نظیر اسفالریت، گالن و کالکوپریت می‌توانند میزبان این عناصر باشند. همچنین توده‌های نفوذی آذرین در تشکیلات رسوبی ممکن است شامل سایر فلزات پایه از قبیل مس و کبالت و فلزات خالص مانند طلا، نقره و فلزات گروه پلاتین باشند. این مقاله سعی دارد اهمیت استراتژیکی عدهای از عناصر نادر و تقاضاهای فراوان برای کاربردهای الکترونیکی آنها را بصورت برجسته آشکار سازد. حدوداً ۳۰ تولیدکننده تجاری ایندیوم در دنیا وجود دارد. کشورهایی از قبیل بلژیک، کانادا، چین، فرانسه، ژاپن، روسیه و آمریکا از بزرگترین تولیدکننده‌های ایندیوم و در حدود ۱۰ کشور دیگر مقادیر کمتر مصرف جهانی را تامین می‌کنند. عرضه و تقاضا برای تولیدات ایندیوم خالص در طول ۴۰ سال گذشته نامنظم بوده و این موضوع سبب افزایش نوسان قیمت تحویل بوده است.

### مقدمه

ایندیوم با عدد اتمی ۴۹ و وزن اتمی ۱۱۴/۸۲ در گروه ۱۳ جدول تناوبی قرار گرفته است و دارای دو ایزوتوپ ایندیوم ۱۱۵ و ایندیوم ۱۱۳ می‌باشد، ایندیوم با درصد خیلی ناچیز در پوسته زمین حضور دارد این تجمع با عنصر نقره که در حدود ۰/۱ ppm می‌باشد قابل مقایسه است. عدهای محتوای ایندیوم را بین ۵ تا ۲۰۰ ppm مشخص کرده‌اند. اسفالریت مهم‌ترین کانی حاوی ایندیوم است و بعد از آن سولفیدهای سرب و مس دارای اهمیت هستند. متوسط مقدار ایندیوم در کانسارهای روی کمتر از ۱ ppm تا ۱۰۰ ppm می‌باشد.

ایندیوم توسط Richter, Reich در سال ۱۸۶۳ طی آنالیز کانسارهای اسفالریت در مدرسه معدنی فرایبورگ در آلمان کشف شد، اما تا سال ۱۹۳۴ به صورت تجاری مورد استفاده قرار نگرفت. فلز ایندیوم در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) به وسیله هوا یا اکسیژن، اکسید نمی‌شود و وقتی که حرارت داده شود به طور مستقیم با آرسنیک، آنتیمون، هالوژن‌ها، اکسیژن، فسفر، گوگرد، سلنیوم و تلوریوم واکنش می‌دهد. این فلز به آرامی در اسیدهای معدنی رقیق و به سرعت در اسیدهای رقیق داغ یا اسیدهای غلیظ حل می‌شود. قلیاها بر توده فلز اثر نمی‌کنند. ایندیوم با بسیاری از فلزات تشکیل آلیاژ می‌دهد و محلول‌های جامد وسیعی با سرب، تالیوم و جیوه شکل می‌دهد.

اسم ایندیوم به خاطر رنگ آبی نیلی این عنصر در طیف آن انتخاب شده است. ایندیوم یک فلز نقره‌ای-سفید نرم با جلالی برلیانی و ساختار بلورین است. این فلز شامل ترکیبی با ۹۶٪ ایندیوم ۱۱۵ و ۴٪

ایندیوم ۱۱۳ است که در واقع ایزوتوپ‌های آن به شمار می‌روند. این عنصر تحت فشار، بطور نامحدودی می‌تواند تغییر شکل دهد. ایندیوم با وزن مخصوص ۳۱٪ و تغییر شکل نامحدود خواص برش پذیری و چکش خواری بالایی دارد. فلز خالص زمانی که همانند قلع خم می‌شود صدای زنگ فریادمانندی انتشار می‌دهد. ایندیوم خصوصیات مقاومت، سختی و استحکام در برابر تخریب آلیاژها را بهبود می‌بخشد. بخشی از خصوصیات بی‌همتای آن مانند درجه ذوب پایین ( $156/6^{\circ}C$ ) و درجه جوش بالا ( $2353^{\circ}K$ ) سبب شده است که ایندیوم در دمای  $3/37^{\circ}K$  به یک رسانای قوی تبدیل شود. جالب است که یک آلیاژ از ۲۴٪ ایندیوم و ۷۶٪ گالیوم در دماهای محدودی مایع است. فلز ایندیوم با شعله قرمز می‌سوزد و اکسید زرد رنگ  $In_2O_3$  را تولید می‌نماید. اگرچه فلز ایندیوم یک فلز با درجه سمیت پایین است، اما احتیاطات کافی به دلیل آگاهی محدود ما از تأثیرات زیست محیطی آن و همچنین تأثیر آن بر روی سیستم تنفسی بایستی انجام شود.

از ایندیوم به صورت فلز خالص، به صورت آلیاژی و اکسید قلع - ایندیوم در صنعت استفاده می‌شود. ایندیوم در ساخت وسایل تقطیر ژرمانیوم، رساناهای نوری و مقاومت الکتریکی به کار می‌رود. ایندیوم می‌تواند به صورت پوشش بخار مانند بر روی شیشه و یا صفحات فلزی کشیده شود تا آینه‌ای ایجاد کند که این آینه در مقایسه با آینه‌هایی که با نقره ساخته می‌شوند دارای مقاومت بیشتر در برابر تخریب و هواز دگی است. ترکیبات نیمه رسانای ایندیوم در گیرنده‌های مادون قرمز، ابزارهای فوتوولتاییک با کارایی بالا و ترانزیستورهای سرعت بالا استفاده می‌

شود. بزرگترین هدف برای استفاده از ایندیوم ساخت پوشش های نازک در صفحه نمایش های کریستال مایع (LCD) است که در کامپیوترها، گیم ها و دستگاه های CD/DVD، صفحات نمایش مسطح، سلول های خورشیدی (سلنید ایندیوم-مس) و لامپ های الکترو لومینسانس به کار می روند.

ژاپن مقادیر بسیار بالایی از ایندیوم جهان را که بالغ بر ۵۰٪ است در بخش های مختلف صنعتی مصرف می کند و مصرف آن در این کشور در طی دهه گذشته بیش از ۱۰۰٪ افزایش یافته است. جمهوری چین در سال های اخیر افزایش زیادی را در سطح صادرات داشته است در حالی که برعکس آن کشور تایوان به یک واردکننده بزرگ اکسید قلع- ایندیوم تبدیل شده است.

#### منابع ایندیوم

ایندیوم به صورت طبیعی یافت نمی شود و به طور گسترده ای، عموماً در غلظت های پایین، در طبیعت پخش شده است. مقدار ایندیوم در پوسته زمین در حدود ۱ ppm / ۰ تخمین زده شده است. ایندیوم به صورت عنصر اثر (Trace Element) در بسیاری از کانی ها یافت شده است. اسفالریت مهمترین کانی حاوی ایندیوم است و بعد از آن سولفیدهای سرب و روی به ترتیب حاوی بالاترین مقدار ایندیوم همراه هستند.

اسفالریت در دمای پایین تر از  $1020^{\circ}\text{C}$  پایدار است و این در حالی است که شکل دوم سولفید روی (ورتزیت) در دماهای بالاتر پایدار است. سولفیدهای روی در توده های معدنی همراه با سنگ آهک یا سنگ های دولومیتی یافت می شوند.

سولفورهای حاوی روی اغلب با آهن و منگنز، با اینکلوزنهایی از کادمیوم و جیوه ترکیب می شوند، در حالی که سرب و قلع به ندرت با سولفیدها مخلوط می شوند. ممکن است آثاری از ایندیوم، گالیوم و تالیوم در اسفالریت یافت شود در صورتی که کانی ممکن است نقره یا طلا هم داشته باشد.

کانسارهای سولفیدی به طور نرمال در نتیجه نفوذی های آذرین و جایگزینی در سنگ های رسوبی و همچنین در ذخایر متامورفیک جای می گیرند. سولفیدهای روی اغلب همراه با پیریت، گالن، تراهیدریت، کانسارهای نقره، کلسیت، باریت، فلوریت و انواع دیگر رسوبی یافت می شوند. بالاترین تمرکز شناخته شده ایندیوم در رگه ها و توده های معدنی سولفیدی همراه با کانی های حاوی قلع شناخته شده است. یک منبع بسیار بزرگ ایندیوم، کانسار روی HuariHuari همراه با یک توده معدنی اسفالریت در بولیوی است.

پنج تولیدکننده ایندیوم جهان در ژاپن قرار دارند که به همراه کشورهای مشترک المنافع (CIS) (آذربایجان، قزاقستان، روسیه، اکراین و ازبکستان) جوابگوی تقاضاهای جهانی برای این فلز ارزشمند هستند. تولیدات جهانی در سال های اخیر به بیش از ۲۳۰ تن در سال رسیده است. میزان مصرف جهانی ایندیوم ممکن است در سال ۲۰۰۵ به ۲۵۰ تن در سال برسد. ذخایر موجود در جهان بقدری است که به خوبی می تواند جوابگوی این تقاضا تا یک دهه آینده باشد.

#### روش استحصال ایندیوم از باطله لیچینگ روی

ایندیوم طی فرآوری کنسانتره های فلزات پایه و همچنین به عنوان فرآورده فرعی فرآوری روی بازیابی می شود و می تواند تا خلوص بسیار بالای ۹۹/۹۹۹٪ پالایش شود. صنعت استخراج متالورژی به قدری توسعه یافته است که مقدار تجاری ایندیوم بازیافتی از بازمانده های نرم (پسماندها) به حدود ۳۰٪ کل ایندیوم تولیدی در جهان می رسد. کشورهایی با منابع معدنی محدود مانند ایتالیا، فرانسه و بلژیک به طور خودکفا ایندیوم را از پسماندهای سرب و روی، غبار دودکشها و... به دست می آورند.

در میان کشورهای مشترک المنافع عناصری از قبیل Ge, Ga, In و Se, Te به عنوان مواد استراتژیک طبقه بندی می شوند و از اینرو اطلاعات منتشره و موجود در این مورد خیلی کم است.

کادمیوم به عنوان یک ماده حیاتی برای استفاده نظامی طبقه بندی می شود. میزان تولید و خروجی عناصر گروه پلاتین (PGE) و فلزات پایه از معدن نیکل Norilsk برای مثال یک راز بشمار رفته و کمپانی ها مجاز به انتشار داده های واقعی تولیدات خود نیستند.

جدول ۱ بیانگر ۳۰ کارخانه در ۱۸ کشور است که به طور کل ایندیوم را به عنوان یک محصول فرعی از تولید فلزات پایه خود به دست می آورند. پنج کشور تولیدکننده ایندیوم تحت گروه CIS طبقه بندی می شوند. این موضوع تایید می کند که بسیاری از تولیدکننده های ایندیوم برای مثال در آمریکا با مواد حاوی ایندیوم سروکار دارند. شرکت های متعددی از قبیل UMICORE در بلژیک و Norddeutsche در آلمان پسماندهای دیگر پالایشگاه ها را که حاوی عناصر با ارزش هستند خریداری و جمع آوری می کنند. پس از ذکر توضیحاتی در مورد اهمیت فلز ایندیوم و کشورهای تولیدکننده آن اینک به فرآیندهای مورد استفاده برای فرآوری این فلز با ارزش می پردازیم.

فرآیندی که برای بازیابی ایندیوم از اکسیدهای ثانویه روی ارائه شده است، به این صورت است که در مرحله اول، مقدار زیادی از روی به وسیله لیچینگ با اسید سولفوریک رقیق استحصال می گردد. پسماند باقیمانده به وسیله اسید کلریدریک رقیق برای انحلال ایندیوم لیچ می شود. با رساندن PH محلول به ۱، قلع آن نیز زدوده می شود. با کاهش بیشتر PH، می توان ایندیوم را رسب نمود. پسماند ایندیوم با NaOH برای تولید هیدروکسید ایندیوم به عنوان محصول میانی لیچ می شود. انحلال هیدروکسید ایندیوم تولید شده در اسید کلریدریک رقیق، محلول ایندیومی تولید می کند که با سمناسیون مس و آرسنیک با آهن و در ادامه سمناسیون قلع و سرب با ایندیوم، خالص سازی می شود. ایندیوم از محلول خالص شده به وسیله سمناسیون با آلومینیوم بازیابی می شود.

در فرآیندی که توسط کمپانی معدنی مس آناکوندا (Company Anaconda Copper Mining) گسترش داده شد، ایندیوم از روی کلسینه شده یا بخار اکسید روی جدا می گردد، به این ترتیب که ابتدا روی کلسینه و یا بخار اکسید روی در اسیدسولفوریک در PH متوسط حل می شود و به این طریق روی آن جدا شده و ایندیوم در پسماند باقی می ماند. در مرحله دوم، ایندیوم از محلول پسماند به وسیله لیچینگ با اسیدسولفوریک ( $25-20\text{ H}_2\text{SO}_4$ ) حل می شود. ایندیوم از محلول به دست آمده به وسیله اضافه کردن اکسید روی و سولفید هیدروژن رسب میشود. بعد از انجام تمامی این مراحل رسوب ایندیوم حاصله به وسیله لیچینگ با هیدروکسید سدیم غلیظ و شستشو با آب، خالص سازی میشود و شستشو با اسید کلریدریک رقیق باعث حذف روی میگردد. پسماند خالص شده در اسیدسولفوریک حل شده و فلزات سنگین با سولفید هیدروژن رسوب داده می شوند. در نهایت ایندیوم به صورت اسفنجی به وسیله اضافه نمودن روی بازیابی می گردد. ایندیوم اسفنجی را می توان به همراه هیدروکسید سدیم ذوب نموده و به صورت شمش به بازار عرضه نمود. ذکر این نکته ضروری است که ایندیوم اسفنجی ممکن است با حل کردن آن در اسید هیدروکلریک و اضافه نمودن کلرید باریوم برای زدودن سولفات و همچنین سولفید هیدروژن برای زدودن فلزات سنگین، تخلیص شود. بعد از فیلتراسیون، ایندیوم از محلول به وسیله الکترولیز بازیابی میشود.

#### تخلیص

ایندیوم اسفنجی با خلوص بیش از ۹۹/۵٪، برای استفاده در صنایع مختلف بایستی دوباره خالص سازی شود. برای مثال در صنایع نیمه هادی، یک خلوص ۹۹/۹۹۹٪ لازم است. روش معمول خالص سازی برای این منظور، الکتروریفاینینگ است. در روش الکتروریفاینینگ، از آندهای ایندیومی که در کیسه های نخی قرار دارند و ایندیوم خالص به عنوان کاتد استفاده می شود. ناخالصی های فلزی به صورت لجن آندی در کیسه نخی که از ورود آنها به الکترولیت و آلوده کردن نهشته ایندیوم جلوگیری می کند، جمع آوری می شود. الکترولیت عموماً یک محلول



کشور	نام تولیدکنندگان	محصولات اولیه
استرالیا	Pasminco Ltd.	Cu, Zn
آذربایجان	Gjandra Alumina Refinery	Zn, Al
بلژیک	UMICORE (Formerly Union Mini ere)	Cu, Zn, Ga, Ge
بولیوی	Comibol, Corp Minera de Bolivia	Sn, Pb
کانادا	Teck Cominco Ltd.	Zn, Pb, Cu, Cd
	Falconbridge Limited	Ni, Cu, Zn, Co
چین	State-owned plants	Zn, Pb, Cu
انگلستان	Capper Pass Ltd.	Sn
	Johnson Matthey Ltd.	Precious metals
آلمان	Preussag GmbH V.E.B.	Zn, Pb
	Berzelius Metalhuetten GmbH	Zn, Cu
	Dowa Mining Co. Ltd.	Sn
ژاپن	Mitsubishi Materials Corp.	Pb, Bi, Cu, Cd
	Mitsui Mining & Smelting Co. Ltd.	Zn, Pb, Cd
	Nippon Mining & Metals Co. Ltd.	Zn, Pb, Cd, Bi
	Sumitomo Metal Minig Co. Ltd.	Zn, Cu
	Kazzine JSC	Zn, Cu, Co
قزاقستان	Billiton plc	Zn, Cu, Cd
هلند	Centromin Peru	Precious metals
پرو	Chelyabinsk Electrolytic Zinc Plant	Zn, Pb, Cu
روسیه	Krasnoyarsk Non-Ferrous Metals Plant Co.	Precious metals
	Novosibirsk Tin Works	Sn, Bi
	Podolsk Chemical-Metallurgica Works	Sb, Ga, Ti
	Konstantinovka Mill (Uhrzink)	Pb, Sn, Cu
اکراین	Indium Corp. of America	In
آمریکا	Arconium Speciality Alloys	In
ازبکستان	Almalyk Mining & Metallurgical Complex	Zn, Cu, Cd
فرانسه	Societe Mini ere et Metallurgique de Pennarroya	Zn
ایتالیا	Pertusola Sud S.p.A.	Zn

از کانادا است. قابل توجه این که اگر چه چین ۷۷۰ گدازنده سرب و روی در تولیدکننده‌های خود دارد، میانگین ظرفیت کارخانه‌هایش تنها ۳۰۰۰ تن در سال در مقایسه با ۹۰۰۰ تن در سال برای روی در غرب است. تمام کارخانه‌ها در چین می‌توانند بیش از ۵۰۰۰۰ تن در سال محصولات سرب و روی تولید کنند که در نتیجه می‌تواند به تجمع ایندیوم به عنوان یک محصول فرعی منجر شود اگر چه بخشی از ایندیوم در چرخه روی به وسیله سیمانی شدن با آلومینیوم بازیافت می‌شود، اما الکترولیز فرآیند اصلی در پالایش روی، سرب و قلع برای تولید ایندیوم فلزی است، برای مثال دو مرحله از بازیافت الکترولیتی در عملیات فرآوری قلع در Capper Pass انگلیس به کار گرفته شده است. شرکت‌هایی از قبیل Johnson Nattley در بازیافت فلزات قیمتی و خاص در سطح جهان معروف هستند. در حال حاضر بیش از ۸۰٪ تولید جهانی روی از روش الکترووینینگ به دست می‌آید که باعث تولید مقادیر ویژه‌ای ایندیوم به عنوان محصول فرعی می‌شود.

ایندیوم در پسماندهای کنسانتره‌های فلزات پایه و باطله‌های حاصل از فرآوری گزارش شده است، بنابراین می‌تواند به عنوان یک منبع بالقوه برای بازیافت به کار رود. برای مثال کارخانه Tenness clarksvik دارای ظرفیت ۱۰۵ k تن در سال روی می‌باشد. این کوره‌های ذوب روی و پالایشگاه‌ها از ذخایر دست نخورده حاصل شده و در سال ۱۹۹۹ پسماندهای حاوی Ge, In و... به شرکت UMICORE بلژیک جهت فرآوری فرستاده شد.

کلریدی است، اما استفاده از محلول‌های سولفات، سیانید، فلور و برات نیز گزارش شده است.

یک ترکیب شاخص از الکترولیت عبارت است از: ۷۵-۲۰ g/l NaCl ۱۱۰۰-۸۰، چسب ۱ g/l و PH بین ۲/۲ تا ۲/۵. چگالی رایج کاتد ۲ A/dm<sup>2</sup> است.

برای دستیابی به خلوص بالای ۹۹/۹۹۹۹٪، مراحل چندگانه الکترووینینگ لازم است. الکترووینینگ باید توسط تقطیر در خلا یا تصفیه ناحیه‌ای یا هر دوی آنها حمایت شود.

اختلاف بین نقطه ذوب و نقطه جوش ایندیوم نسبت به بقیه فلزات بیشتر است. این خاصیت به ما اجازه حذف ناخالصیهایی مانند کادمیوم، سولفور، سلنیوم، تلوریوم، سرب و تالیم به وسیله تقطیر در خلا را می‌دهد.

حذف کادمیوم، مس، روی، طلا، نقره و نیکل به وسیله تصفیه ناحیه‌ای انجام می‌شود. به خاطر نقطه ذوب پایین ایندیوم بایستی خنک کردن سریع انجام شود. یک روش برای خالص سازی ایندیوم در حد عیار مورد نظر در نیمه‌هادی‌ها، استفاده از یک ماده کی لیت ساز برای جذب انتخابی ایندیوم از محلول است.

#### بحث و نتیجه گیری

به عنوان یک نکته بزرگترین تولیدکننده‌های روی چین، استرالیا و پرو هستند در حالی که برعکس بزرگترین مصرف کننده‌های روی، آمریکا و چین هستند. در زمینه صادرات، چین دومین صادرکننده بزرگ روی بعد

منابع:

- ۱- 15 Minerals Engineering and electrowinning practice. Moskalyk, R.R., Alafantazi, A.M., 2002. Nickel laterite processing (A), ۶۰۵-۵۹۳.  
 ۲- (CEZP). Kane, P.T., 1994. Technical appraisal of the Joint Stock Company Chelyabinsk Electrolytic Zinc Plant-Moskalyk, R.R., O-۲



# روشی نو در تعیین میزان خردچالها

بر اساس کیفیت توده سنگ و خردایش مورد نیاز

## چکیده

از پارامترهای مهم عملیات انفجار در معادن روباز و زیرزمینی پارامتر خرج ویژه می باشد، بنابراین در صورتی که بتوان قبل از عملیات آتشیاری این پارامتر را با تحلیل منطقی تعیین نمود بر روی هزینه های پروژه تاثیر بسزایی خواهد گذاشت. تحقق این امر زمانی است که روابط موجود در تعیین خرج ویژه با خصوصیات کیفی و فیزیکی توده سنگ بیان شود. جهت جلوگیری از انجام آتشیاری های ثانویه و همچنین جلوگیری از کاهش راندمان کارخانه فرآوری، این روابط باید به گونه ای تنظیم شوند تا میزان خردایش مطلوب مورد نیاز بعد از آتشیاری را ایجاد کنند.

با استفاده از بلوکومتری در توده سنگ هایی که دارای سیستم درزه مشخص بوده و توده سنگ را به یک سیستم بلوکی تقسیم می کنند می توان اندازه بلوک های تشکیل شده را تعیین نمود. از اینرو در این مقاله با استفاده از روابط بلوکومتری در توده سنگ های بیان شده جهت تعیین اندازه خوراک در روابط خردایش و به کمک روابط قوی پایداری انرژی، رابطهای جدید جهت تعیین میزان خرج چالها با توجه به یکی از بزرگترین ویژگی روابط خردایش، یعنی تعیین میزان خردایش مورد نیاز (اندازه محصول آتشیاری) ارائه شده است.

## مقدمه

بر اساس قوانینی که جهت پایداری انرژی وجود دارد می توان چنین اذعان نمود که میزان انرژی که توسط ماده منفجره تولید می شود (EEXP) با میزان انرژی که صرف خردایش سنگ می گردد (EROCK) متناسب است به عبارت دیگر:

$$E_{EXP} \propto E_{ROCK}$$

همچنین بر اساس تخمین های Haagan (۱۹۹۷)، تنها ۱۵ درصد از انرژی تولید شده صرف خردایش سنگ و جابجایی آن می شود، بنابراین رابطه (۱) را می توان چنین بیان کرد:

$$\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times E_{EXP} = E_{ROCK}$$

$\eta_1$ : ضریب مربوط به خردایش

$\eta_2$ : ضریب مربوط به امدانسان ماده منفجره و سنگ

$\eta_3$ : ضریب مربوط به جفت شدگی

معادلات انرژی

تعیین انرژی تولید شده از انفجار

حداکثر فشار انفجاری که هر چال به سنگ

Ai: ضرایب استودیومتریکی (۱، ۲، ۳، ...) ...

$$V_{exp} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{nM} (\text{gr} - \text{mol}) \times 0.02241 \frac{\text{m}^3}{(\text{gr} - \text{mol})}$$

تعیین انرژی مورد نیاز جهت خردایش

در اوایل دهه ۱۹۵۰، باند معادله ای برای خردایش مطرح نمود که در آن، ابعاد بار اولیه، ابعاد محصول و یک فاکتور ویژه سنگ را گنجانده:

$$W = 11 \times 9.81 \times 3600 W_i \left( \frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

W: انرژی مورد نیاز جهت خردایش  $\left( \frac{\text{kJ}}{\text{ton}} \right)$

Wi: اندیس کار باند، مربوط به ویژگی های

فیزیکی و مکانیکی سنگ (جدول ۱)  $\left( \frac{\text{kJWh}}{\text{t}} \right)$

80: P80 درصد ابعاد عبوری محصول  $\mu\text{m}$

80: F80 درصد ابعاد عبوری بار اولیه یا

خوراک  $\mu\text{m}$

ابعاد خوراک را می توان به کمک بلوکومتری

تعیین نمود زیرا اندازه بلوک نتیجه درزه داری

منتقل می کند را می توان به کمک رابطه زیر

$$\text{بدست آورد: } PD = 432 \times 10^{-3} \rho_e \frac{VD^2}{1 + 0.8\rho_e}$$

PD: حداکثر فشار انتقالی به سنگ برای هر

چال (KPa)

$\rho_e$ : چگالی ماده منفجره  $(\text{gr}/\text{cm}^3)$

VD: سرعت انفجار  $(\text{m}/\text{s})$

بنابراین به کمک روابط بالا مقدار انرژی که

توسط ماده منفجره برای کل چال ها تولید می

شود برابر:

$$E_{EXP} = PD \times V_{EXP} = PD \times Q \times V_{exp}$$

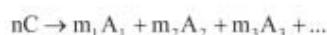
EEXP: انرژی تولید شده برای کل چالها (KJ)

VEXP: حجم گاز تولید شده  $(\text{m}^3)$

Q: وزن خرج کل چالها (Kg)

Vexp: حجم گاز تولید شده برای یک کیلوگرم

خرج  $(\text{m}^3)$  و به طریق زیر تعیین می شود:



C: فرمول شیمیایی ماده منفجره

کانی ها	سنگها	کانهها	سایر مواد
ایلمنیت ۱۳/۱۱	آندزیت ۲۲/۱۳	بوکسیت ۹/۴۵	شیشه ۳/۰۸۰
باریتین ۶/۲۴	بازالت ۲۰/۴۱	تاکونیت ۱۴/۸۷	فروسیلیسیوم ۱۲/۸۳
پیریت ۸/۹	دیوریت ۱۹/۴۰	زغال سنگ ۱۱/۳۷	فروکروم ۸/۸۷
دولومیت ۱۱/۳۱	رس ۷/۱۰	اورانیوم ۱۷/۹۳	کربور سیلیسیوم ۲۶/۱۷
فلدسپات ۱۱/۶۷	سنگ آهک ۱۱/۶۱	آهن ۱۵/۴۴	کک ۲۰/۷۰
فلوئورین ۹/۶۷	شست ۱۶/۴۰	روتیل ۱۲/۱۲	کودهای فسفاته ۱۳/۰۳
کرومیت ۹/۷۶	کوارتزیت ۱۲/۱۸	سرب و روی ۱۱/۳۵	متیزیم ۱۶/۸۰
کوارتز ۹/۶	گابرو ۱۸/۴۵	طلا ۱۴/۸۳	
کروندوم ۱۲/۷۷	گراتیت ۱۴/۳۹	فسفات ۱۰/۱۳	
گرافیت ۵۸/۱۸	گنایس ۲۰/۱۳	مس ۱۳/۱۳	
منیتیت ۴۵/۰۳	ماسه سنگ ۱۱/۳۵	نقره ۱۷/۳۰	
میکا ۱۳۴/۵	ماسه سیلیسی ۱۶/۴۶		
هماتیت ۱۰/۲۱			

و رابطه باند (رابطه ۶) را می توان برای عملیات آتشباری چنین بیان کرد:

$$E_{ROCK} = W \times \rho_r \times V_{rock} = 388476 \rho_r V_{rock} W_i \left( \frac{1}{\sqrt{P_{so}}} - \frac{1}{\sqrt{J_v} \times \sqrt{\beta} \times 10^3} \right)$$

$\rho_r$ : چگالی سنگ (ton/m<sup>3</sup>)

$V_{rock}$ : حجم بلوک مورد آتشباری

تعیین میزان خرج کل چالها

در نهایت طبق رابطه (۲) و به کمک روابطی که در بخش (۱-۱) و (۲-۱) بدست آمده (رابطه ۵ و ۱۳) می توان خرج چالها را در توده سنگهای دارای سیستم بلوکی مشخص شکل ۱ چنین نوشت:

$$\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times E_{rock} = E_{rock}$$

$$\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times 432 \times 10^{-3} \rho_r \frac{VD^2}{1+0.8\rho_r} Q \times V_{exp} = 388476 \rho_r V_{rock} W_i \left( \frac{1}{\sqrt{P_{so}}} - \frac{1}{\sqrt{J_v} \times \sqrt{\beta} \times 10^3} \right)$$

و بدین طریق می توان وزن ماده منفجره کل چالها (Q) را بر اساس میزان خردایش مورد نیاز ( $P_{so}$ ) و خصوصیات فیزیکی ( $W_i$ ) بهدست آورد. (رابطه ۱۴) سپس پارامترهای مورد نیاز جهت طراحی های الگوی آتشباری را از طریق میزان خرج مورد نیاز برای بلوک به دست آورد.

$$Q = \frac{899250 \times \rho_r \times V_{rock} \times W_i \times [1+0.8\rho_r]}{\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \rho_r \times VD^2 \times V_{exp}}$$

$$\left( \frac{1}{\sqrt{P_{so}}} - \frac{1}{\sqrt{J_v} \times \sqrt{\beta} \times 10^3} \right)$$

به معادله فوق اضافه شود. بنابراین این معادله به صورت زیر نوشته می شود:

$$J_v = \sum \left( \frac{1}{S_i} \right) + \frac{N_r}{5}$$

$N_r$ : تعداد درزه های تصادفی در ۲۵ متر مربع  $J_v$  را به آسانی می توان با مشاهده درزه ها تعیین نمود. زیرا این پارامتر برپایه فاصله داری درزه یا فراوانی درزه ها است. در مواردی که درزه داری نامنظم یا اکثراً تصادفی باشد،  $J_v$  را می توان به صورت شمارش تمام درزه های مشاهده شده در یک ناحیه معین از لحاظ اندازه تعیین نمود. از آنجایی که عدد حجمی و اندازه بلوک ها در توده سنگ بر حسب میزان درزه داری سنگ تغییر می کنند، می توان دریافت که رابطه ای بین حجم بلوک ( $V_b$ ) و عدد حجمی ( $J_v$ ) وجود دارد.

این رابطه بین  $J_v$  و حجم بلوک برای سه دسته درزه بر اساس فاصله داری درزه ها به صورت زیر است:

$$J_v = \frac{S_2 S_3 + S_1 S_3 + S_1 S_2}{V_b \cdot \text{Sin} \gamma_1 \text{Sin} \gamma_2 \text{Sin} \gamma_3}$$

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ : زوایای بین درزهها

$S_1, S_2, S_3$ : فاصله داری بین درزه ها (m)

و از رابطه (۹) میتوان حجم بلوک را به دست آورد:

$$V_b = \frac{\beta}{J_v}$$

مقدار  $\beta$  برای سه دسته درزه از طریق رابطه زیر تعیین می شود:

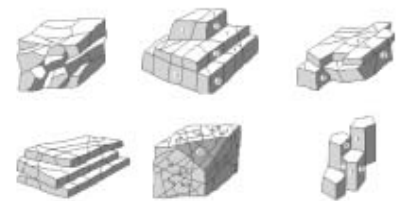
$$F_{so} = \sqrt[3]{V_b} = \frac{1}{J_v} \sqrt[3]{\beta}$$

بنابراین بر اساس حجم بلوکی که توسط دسته درزه ها تشکیل می شود، می توان ابعاد خوراک ورودی در معادله (۶) را تعیین نمود:

$$\beta = \frac{\left( \frac{S_2 + S_2 S_3 + S_3}{S_1} + \frac{S_2}{S_1} + \frac{S_3}{S_1} \right)^3}{\left( \frac{S_2 S_3}{S_1^2} \right) (\text{Sin} \gamma_1 \text{Sin} \gamma_2 \text{Sin} \gamma_3)}$$

تفصیلی (مقیاس کوچک تا متوسط) در توده سنگ می باشد که عمدتاً توسط درزه های کوچک تا متوسط تشکیل می شود [شکل ۱]. در ضمن درزه های منفرد یا تصادفی دیگر و صفحات ضعیف نیز ممکن است در شکل و اندازه بلوک ها موثر باشند. لذا روش های متفاوتی برای به دست آوردن اندازه بلوک ها پیشنهاد شده است. اگر کمتر از سه دسته درزه در منطقه وجود داشته باشد، بلوک های مشخصی را نمی توان تعیین نمود. بنابراین در بعضی موارد وجود درزه های تصادفی یا دیگر صفحات ضعیف ممکن است برای تعیین بلوک ها موثر واقع شوند. ارتباط بین حجم بلوک و تراکم درزه ها در جدول ۲ آورده شده است.

شکل ۱: مثال هایی از اشکال بلوک و الگوی درزه داری



به کمک عدد حجمی درزه (تعداد درزه ها در واحد حجم)، میتوان حجم بلوک را تخمین زد این اصطلاح توسط پالمسترم و دیگران شرح داده شده است. به صورت تعداد درزه در واحد حجم توده سنگ به صورت زیر بیان می شود:

$$J_v = \sum \left( \frac{1}{S_i} \right)$$

فاصله داری درزه در هر دسته درزه زمانی که درزه های تصادفی در توده سنگ وجود داشته باشد، فرمول بالا باید اصلاح شود. تجربه نشان داده است که باید کسر  $\frac{N_r}{5}$  نیز

جدول ۳: تخمین خرج مصرفی در سال برای معدن II-PK OC از طریق رابطه ۱۴

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
$\rho_c$	۰/۹۵	$J_v$	۵/۹۶
$\rho_r$	۲/۷	$\beta$	۲۶
$W_i$	۱۱/۳۵	$V_{exp}$	۰/۴۵۴
VD	۴۳۰۰	$\eta_1$	۰/۱۵
$P_{80}$	۶۰۰۰۰	$\eta_2$	۰/۸۶
$V_{rock}$	۷۵۰۰۰۰	$\eta_3$	۰/۶۸
Q	۱۳۸۵ تن		

چگونگی تراکم درزه ها	اندازه بلوک	حجم بلوک ( $V_b$ )
فوق العاده بالا	فوق العاده کوچک	< ۱۰ cm
خیلی بالا	خیلی کوچک	۱۰-۲۰۰ cm
بالا	کوچک	۰/۲-۱۰ cm
متوسط	متوسط	۱۰-۲۰۰ cm
پایین	بزرگ	۰/۲-۱۰ cm
خیلی پایین	خیلی بزرگ	۱۰-۲۰۰ cm
فوق العاده پایین	فوق العاده بزرگ	> ۲۰۰ cm

#### مراجع

regime, Project No. MT. (۲۰۰۲) Chakraborty, A.K., et al. [۱]  
and subsystems utilization concept in Indian surface coal mining  
fragmentation and muck profile applying image analysis technique  
, ۱۰۳/Development of innovative models for optimisation of blast  
for Ministry of Coal, Govt. of India. 125 pp.  
of the South African Institution of Civil Engineers 15 [۲]  
Engineering classification of jointed rock masses, Transactions  
(۱۲) Bieniawski, Z.T., ۱۹۷۳-۳۳۵.  
of Blast Fragmentation, Montreal, Quebec, Canada, 23 [۳]  
Proceedings of the FRAGBLAST 5 Workshop on Measurement  
determination around underground openings using simulations,  
1996, pp. 215 ۲۴-Maerz, N. H., Germain, P., 1996. Block size  
.۲۲۳-Aug.,  
of the American Institute of Mining Engineers 193, 494 [۴]  
-Bond, F.C., 1952. The third theory of comminution. Transactions  
.۴۹۶  
quality on tunnel blasting. Engineering Geology 37, 247 [۵]  
Paithankar, A.G., 1994. Effects of joint orientation and rock mass  
.۲۶۲-Chakraborty, A.K., Jethwa, J.L.,  
Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, July 5 [۶]  
environmental impact abatement. Proceedings of 4th. International  
Rock fragmentation control for blasting cost minimisation and  
Vienna, Austria, pp. 273. ۸-da Gamma, C.D., Jimeno, C.L., 1993.  
.۲۷۹-Balkema,  
Lulea University Technology Lulea, Sweden, Aug. 22 [۷]  
1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting,  
calculations of the fragment size distribution in bench blasting.  
-۲۶۹, ۲۶-Hjelmberg, H., 1983. Some ideas on how to improve  
.۴۹۴  
Roy, P., Dhar, B.B., 1996. Fragmentation analyzing scale [۸]  
Proc. 5th. Int. Symp. on Rock Fragmentation by blasting A-Pal  
-FRAGBLAST 5, Montreal, 25-new tool for breakage assessment.  
1867. Lehbuch der Aufbereitungskitute. Ernst e Korn, Berlin. ۲۹  
Aug. Balkema, Rotterdam, p. 448. Rittinger, P.V.,

Q : خرج کل چال ها یا خرج مورد نیاز برای بلوک (Kg)  
 $\rho_r$  : چگالی سنگ ( $\text{ton/m}^3$ )  
 $\rho_c$  : چگالی ماده منفجره ( $\text{gr/cm}^3$ )  
Vrock : حجم بلوک مورد آتشیاری ( $\text{m}^3$ )  
 $W_i$  : اندیس کار باند ، مربوط به ویژگی های فیزیکی و مکانیکی سنگ ( جدول ۱ )  
VD : سرعت انفجار (m/s)  
 $P_{80}$  : 80 درصد ابعاد عبوری محصول یا میزان خردایش مورد نیاز ناشی از آتشیاری  
 $\beta$  : تعداد درزه ها در واحد حجم ( رابطه ۸ ) ( $\text{joints/m}^3$ )  
 $J_v$  : ضریب حجمی درزه ها ( رابطه ۱۱ )  
Vexp : حجم گاز تولید شده برای یک کیلو گرم خرج ( رابطه ۵ ) ( $\text{m}^3$ )

مثال ، معدن II-PK OC در ناحیه Manugura در میادین ذغال سنگ Singareni (SCCL) قرار دارد و در حدود ۶۰ کیلومتری از Kothagudem در کشور هند واقع شده است. از جهت تولید ذغال سنگ این معدن بزرگترین معدن ذغال سنگ SCCL است. جهت تولید سالیانه ۲/۷۵ میلیون تن ذغال سنگ می بایست مقدار ۷/۵ میلیون متر مکعب روباره بوسیله آتشیاری جایجا شود. لایه های روباره عموماً ماسه سنگ های تودهای متوسط تا سخت می باشد. ماده منفجره مورد استفاده از نوع SMS بوده و در کار تریج های تقریباً به قطر ۱۲۵ میلیمتری می باشند. مصرف سالیانه مواد منفجره ۱۳۰۰ تن است. در جدول ۳ پارامترهای استخراج شده از این معدن در رابطه ۱۴ گذاشته شده و همانطور که مشاهده میشود میزان خرج مصرفی در سال برابر ۱۳۸۵ تن محاسبه شده که این مقدار به مقدار واقعی استفاده شده در معدن (۱۳۰۰ تن) بسیار نزدیک می باشد.

#### نتیجه گیری

استفاده از معادله فوق دارای ویژگی های منحصر به فرد زیر می باشد :  
۱. دخیل دادن اندیس باند ( $W_i$ ) که می تواند بسیاری از ویژگی های مقاومت فشاری ، تخلخل ، دوام ، استهلاک انرژی ، جهش ضربه ای ، رطوبت و ... سنگ را در برگیرد به عبارت دیگر این اندیس پتانسیل بالایی از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ را در خود دارد.  
۲. استفاده از  $J_v$  به عنوان پارامتر توصیفی توده سنگ از لحاظ تراکم درزه داری که در امر آتشیاری بسیار مهم تلقی می شود.  
۳. استفاده از میزان خردایش مورد نیاز ( $P_{80}$ ) که می تواند از لحاظ اقتصادی بسیار حائز اهمیت باشد.

#### ضمیمه (ممدولوژی)



# فاجعه پالایشگاه تهران



# فاجعه پالایشگاه تهران

فاطمه حاجی، دانشجوی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

نفت و آب هر دو ماده ای حیاتی هستند و هر کدام جداگانه، چه به طور مستقیم و چه غیر مستقیم نقشی مهم در زندگی انسانها ایفا میکنند. وجود آب در نفت مشکلی پیش نمی آورد. مشکل زمانی پدید می آید که نفت پا به حریم آب گذارد و آن را آلوده کند چه آب اقیانوسها و دریاها و چه آبهای زیر زمینی؛ اینکه فعالیت پالایشگاه تهران در جنوب این شهر آلودگی نفتی به وجود آورده بر همگان معلوم است. فاجعه آلودگی زیست محیطی چنان ابعادی یافته که انکارش ناممکن و اکنون بحث بیشتر بر سر میزان آلودگی، مسئولان آن و کارهای انجام شده برای رفع آن است.

پالایشگاه تهران در سال ۱۳۴۷ ساخته شده، و مطابق اطلاعات [پژوهشگاه صنعت نفت] از سال ۱۳۵۲ قادر به تصفیه ۲۵۰ هزار بشکه نفت خام در روز است. در بسیاری از مناطق استانداردهای جهانی برای احداث یا توسعه پالایشگاهها رعایت نمی شود. یکی از این استانداردها رعایت فاصله ۱۵ تا ۲۵ کیلومتری از محل سکونت مردم است. اما بنا به گزارش کانون دیده بانان زمین روستای درسون آباد در دو کیلومتری جنوب پالایشگاه تهران قرار دارد و مادر چاه قنات روستا در داخل پالایشگاه است. تعداد دو سد نفتی بسیار بزرگ حاوی پسماندهای بسیار خطرناک با بیش از ده حوضچه تکمیلی تنها در ۱۰ متری بالا دست اراضی کشاورزی روستا که بخش قابل توجهی از سبزیجات و صیفیجات مورد استفاده مردم تهران را تامین میکند و در ۳۰۰ متری منازل روستایی قرار دارند. چند سال پیش این سدها بر اثر بارندگی شدید شکستند و پس مانده های آلوده و بسیار خطرناک نفتی به مزارع سرآزیر شد. پس از این حادثه پالایشگاه اقدام به تعبیه حوضچه های کوچک برای تخلیه مازاد و سرریز این دو سد کرد. قابل ذکر آن است که این دو سد نیز مازاد سرریز سد بزرگ اصلی فاضلاب پالایشگاه هستند که در داخل سایت پالایشگاه قرار دارند و در هر نیم ساعت یک تانکر از پسماندهای نفتی به آن اضافه می شود. به گفته شورای اسلامی روستا، هر روز بر تعداد این حوضچه های مرگ افزوده می شود و به زودی تمامی اراضی کشاورزی ما تبدیل به این نوع حوضچه ها می شود.

بنا بر همین گزارش در سال ۵۳ نیز سد مخزن فاضلاب نفتی پالایشگاه شکست و شدت آلودگی و جریان فاضلاب نفتی به حدی بود که روستای دورسون آباد غیر قابل سکونت شد. در آن زمان مردم این روستا یک سالی چادر نشین شدند تا برایشان خانه های تازه ساخته شد و دوباره در همان محل ساکن شدند.

اراضی اطراف پالایشگاه از مرغوب ترین زمین های کشاورزی منطقه محسوب می شد که بخش بزرگی از نیازهای مردم تهران را نیز برآورده می کرد. اکنون بیش از صدها هکتار از اراضی حاصل خیز این منطقه غیر قابل استفاده و آلوده است. بنا به نوشته ی روزنامه ی آسیا ۲۴ مرداد ۱۳۸۴ و با توجه به نتایج آزمایشهای گروه ژاپنی شرکت ایده میتسو ژاپن، آخرین گزارش ها حاکی از نفوذ یک میلیون و ۲۴۰ هزار متر مکعب مواد نفتی به ارتفاع متوسط ۱/۵ تا ۷ متر بر روی سفره آب های زیرزمینی پالایشگاه تهران طی سال های گذشته است. به طوری که آبی که از چاههای منطقه برای کشاورزی و دامداری کشیده میشود به راحتی شعلهور میگردد. آب زیر زمینی منطقه % ۱۰۰ آلودگی نفتی دارد.

عباس کاظمی مدیر عامل پالایشگاه اواخر مهرماه ۱۳۸۴ خبر داد که طی یک ماه ۶۰ هزار بشکه نفت از خاک های آلوده منطقه جدا شده است. دیده بانان زمین در همین ارتباط، سال ۸۳ اعلام کردند روزانه حدود دو تانکر روغن و نفت از آب قنات جدا میشود. باید توجه داشت روغن و نفت جدا شده جای زیاد دوری نمی رود بلکه در حوضچه های بالا دست اراضی کشاورزی تخلیه شده و مجدداً وارد منابع آب زیرزمینی می گردد. نشست نفت به سفره های زیرزمینی همجوار پالایشگاه تهران (ری) علاوه بر آلودگی محیط زیست، موجب بروز برخی بیماریهای داخلی و ناراحتی های پوستی و گوارشی برای مردم ساکن این مناطق شده است. تمام سفره های آب زیرزمینی که منابعی با قدمت میلیون ها سال بوده و دیگر تجدیدپذیر نیستند، آلوده شده و این بزرگترین خیانت به مردم و آیندگان است. زیرا امیدواری به رفع این آلودگی ها وجود ندارد، چون بخشی از آلاینده های نفتی حلال در آب بوده و حتی با تصفیه نیز از بین نمی روند.

عناصر موجود در مواد نفتی مانند کادمیوم و وانادیوم اگر وارد بدن انسان شوند سازگاری بدن را مختل کرده و بیماری های خونی ایجاد می کنند. پیش از اینکه عوارض تازه تری در این محیط رخ دهد لازم است اراضی این محدوده آزادسازی و خریداری شود.

آلودگی در این منطقه به قدری بالاست که بوی نفت و گاز در فضا استشمام میشود. به دلیل آلودگی بیش از حد آب منطقه هم اکنون یک لوله آب آشامیدنی از داخل پالایشگاه به روستا کشیده شده، ولی همچنان احتمال انتقال ساکنین منطقه مطرح است. هر ساله در فصل مهاجرت، پرندگان که از این مسیر عبور می کنند، فوج فوج با مشاهده سرابی که از انعکاس نور بر این دریاچه های مرگ ایجاد می شود، روی سطح آنها فرود می آیند اما به محض تماس با لایه های ضخیم و چسبناک نفت و قیر در دام مرگ می افتند.

# شبیه‌سازی کانساز آهن چگارت

با استفاده از روش زمین آماری متوالی گوسی

## چکیده

برجسته‌ترین ویژگی شبیه‌سازی زمین آماری ایجاد مجموعه‌ای از تصاویر، شامل محدودهای از حالت‌های ممکن، در صد احتمال رویداد و همچنین تعیین ریسک همراه است. داده‌های لازم برای این تحقیق، از ۱۲۵ گمانه اکتشافی به دست آمده است. برای انجام مطالعات از ۳۳۳۱ داده آنالیز عنصر Fe استفاده شد. مطالعات آماری چولگی بالایی را برای عیار Fe نشان ندادند. مطالعات زمین آماری با ترسیم واریوگرام‌های جهت دار، نشان دادند که کانساز در جهت خاصی ناهمسانگرد نبوده و میتوان آن را همسانگرد در نظر گرفت.

برای انجام شبیه‌سازی متوالی گوسی، داده‌ها به نرمال استاندارد تبدیل و ۱۰۰ مرتبه شبیه‌سازی صورت گرفت. اعتبار سنجی نشان داد که هر ۱۰۰ تصویر تولید شده معتبرند. سپس نقشه‌های E-type، احتمال و نمودارهای عیار - تناژ برای کانساز آهن چگارت ترسیم شد و برای ۲۶ افق کانساز با اختلاف ارتفاع ۱۲/۵ متر، میزان ذخیره متوسط ۱۰۸ میلیون تن با عیار حد ۴۵ درصد و عیار متوسط ۵۶ درصد تخمین زده آنگاه طی نقشه‌های احتمال، احتمال گذر از عیار حد ۴۵ درصد برای تمامی بلوکهای کانساز در احتمال‌های ۵۰ و ۸۴ درصد محاسبه شد. همچنین نمودارهای عیار-تناژ، ریسک همراه با استخراج این مقدار ماده معدنی را تعیین کرده و نشان داد که تغییرات تناژ ماده معدنی با عیار حد ۴۵ درصد بین ۹۷ تا ۱۱۶ میلیون تن است.

## مقدمه

مهمترین خاصیت شبیه‌سازی زمین آماری، تولید مجموعه‌ای از مدل‌ها (تصاویر) است که دامنه‌ای از حالت‌های ممکن را به همراه درصد احتمال رخداد آنها شامل می‌شوند. این تکنیک می‌تواند تعداد بسیار زیادی از نقشه‌های توزیع عیار در یک منطقه (کانساز) را تولید کند؛ به طوری‌که همگی شباهت معینی با هم و با منطقه مورد بررسی داشته باشند. این شباهت معین به زبان آماری و زمین آماری همان هیستوگرام و واریوگرام منطقه می‌باشد [۱].

از آنجا که در اکتشاف معدن نسبت نمونه‌های برداشت شده به محیط مورد مطالعه بسیار کوچک می‌باشد، در اختیار داشتن حالت‌های مختلف از کانساز به‌جای یک تصویر میانگین (کریجینگ و اکثر روشهای درونیابی) کمک شایانی در مدلسازی کانساز و همچنین در بهینه‌سازی برنامه‌ریزی‌های معدنی می‌نماید. شبیه‌سازی الگوریتم‌های متنوعی دارد که هر کدام در شرایط خاص بهترین جواب را در اختیار می‌گذارند. در اینجا چون هدف پیشگویی تغییرات عیار و تناژ ماده معدنی بوده است، از روش شبیه‌سازی

متوالی گوسی که برای داده‌های پیوسته مناسب می‌باشد، استفاده شده است.

## ۱- شبیه‌سازی متوالی گوسی (SGS)

شبیه‌سازی متوالی گوسی یکی از روشهای معمول و انعطاف‌پذیری است که امروزه در بسیاری از شبیه‌سازیهایی که روی پارامترهایی چون عیار صورت می‌گیرد، فراوان استفاده می‌شود. در اینجا برای محاسبه ریسک همراه با تخمین ذخیره کانساز از الگوریتم متوالی گوسی (SGS) استفاده شده است. این الگوریتم به داده‌های نرمال استاندارد برای انجام شبیه‌سازی نیاز دارد. برای هر گره که در آن شبیه‌سازی صورت می‌گیرد SGS یک هیستوگرام محلی تولید می‌کند که از آن یک مقدار (عدد) به طور تصادفی به‌عنوان مقدار شبیه‌سازی شده بیرون کشیده می‌شود. مراحل اصلی شبیه‌سازی متوالی گوسی به قرار زیر است:

- ۱- رسم هیستوگرام داده‌های اولیه و تبدیل این داده‌ها به استاندارد نرمال
- ۲- رسم واریوگرام با استفاده از داده‌های نرمال استاندارد شده
- ۳- انتخاب یک مسیر (شبه‌شبکه) تصادفی برای شبیه‌سازی

- ۴- تخمین داده‌ها بر روی شبکه انداخته شده با استفاده از یکی از روشهای کریجینگ و رسم هیستوگرام با داشتن میانگین و واریانس تخمین در هر نقطه
  - ۵- بیرون کشیدن یک عدد به‌طور تصادفی از هیستوگرام رسم شده
  - ۶- شرطی کردن داده‌ها
  - ۷- تکرار مراحل قبل تا اینکه کلیه شبکه دارای عدد شود
  - ۸- برای انجام شبیه‌سازی دیگر، کلیه مراحل قبل دوباره تکرار می‌گردند.
  - ۹- تبدیل معکوس داده‌ها به حالت قبل
  - ۱۰- اعتبار سنجی نتایج
- شاید بزرگترین مشکل برای استفاده از روش SGS، انتخاب شعاع جستجو باشد. انتخاب شعاع همسایگی کوچک منجر به شرطی‌سازی ضعیف داده‌ها می‌شود [۵]. الگوریتم شبیه‌سازی متوالی گوسی در شکل (۱) نمایش داده شده است.
- ۲- مشخصات عمومی کانساز چگارت
  - ۳- موقعیت جغرافیایی
- معدن چگارت در ۱۳ کیلومتری شمال شرقی بافق و ۱۲۰ کیلومتری یزد قرار دارد [۱۲].

مختصات جغرافیائی مرکز آنومالی عبارت است



از: طول جغرافیایی  $2^{\circ} 28'$  و  $55^{\circ}$  عرض جغرافیایی  $31^{\circ} 42'$  یا  $35^{\circ} 08' 22''$  N -  $35^{\circ} 49' 70''$  E.

۲-۳ ژنز کانسار چغارت

منشا کانسار آهن چغارت و سایر کانسارهای آهن اکسیدی در ناحیه بافق همواره مورد بحث زمین شناسان بوده و علت آن کمبود اطلاعات در ارتباط با مطالعات ایزوتوپها، سیالات درگیر و نتایج آنالیزهای قابل اعتماد است. به طور کلی عده ای اعتقاد به تشکیل مستقیم توسط ماگما دارند، در حالی که گروه دیگر معتقد به جانشینی متاسوماتیک سنگ میزبان توسط سیال هیدروترمال غنی از آهن هستند.

از لحاظ هندسی می توان کانسار چغارت را به شکل یک بیضوی با شیب تند تشبیه کرد. در یک برش طولی با امتداد شمال غرب - جنوب شرق و به طول حدود ۸۰۰ متر، ضخامت آن در نواحی مرکزی به حدود ۲۲۵ تا ۲۷۵ متر می رسد و تنها دنباله کوچک آن در شمال شرق حدود ۳۰ متر ضخامت دارد. ضخیم ترین بخش آن در افق ۹۷۵ متری قرار گرفته است [۲].

۳-۴ کیفیت کانسنگ، سنگهای دربرگیرنده

کانیهای اصلی کانسار چغارت شامل: ماگنتیت، هماتیت (مارتیت)، آپاتیت، ترمولیت و بعضاً پیریت و آلبیت می باشد. طبق ترکیبات کانی شناسی، تپهای مختلف کانسنگ به این شرح مشخص شده است: الف-کانسنگ ماگنتیتی، ب-کانسنگ ماگنتیتی-مارتیتی، ج-کانسنگ ماگنتیتی-آپاتیتی. که کانسنگ الف یا سنگ معدن ماگنتیتی نسبت به سایرین فراوانتر است. این نوع کانسنگ با بافت توده ای تا دانه ای ودانه بندی غالباً ریز دانه دیده می شود.

۳- مطالعات آماری

بررسی آماری داده هایی که در تخمین شرکت می کنند و شناخت ویژگیهای آماری جامعه داده های خام، به خصوص ماهیت تابع توزیع آنها، کمک زیادی به نحوه صحیح

جدید برای متغیرهای ناحیه ای Fe تولید شد.

$$G_c = \frac{\sum_{L=1}^{2m} L \times G_p}{\sum_{L=1}^{2m} L} \quad (1)$$

که در آن L طول نمونه اولیه، Gp عیار نمونه اولیه، n تعداد نمونه های اولیه و Gc عیار نمونه کامپوزیت شده است.

بررسی های آماری انجام شده بر این داده های کامپوزیت شده نشان می دهند که توزیع عیار در این کانسار از چولگی پائینی در حدود ۱/۱۲ برخوردار است. شکل (۳) هیستوگرام این توزیع را به همراه پارامترهای آماری نشان می دهد.

شکل (۴): هیستوگرام و پارامترهای آماری داده های خام

برای شبیه سازی داده ها به روش گوسی متوالی، لازم است داده ها در ابتدا به استاندارد نرمال تبدیل شوند. میدانیم تابع استاندارد نرمال دارای واریانس ۱، انحراف استاندارد ۱، چولگی صفر و میانگین صفر است [۵]. شکل (۴) هیستوگرام داده های تبدیل شده به استاندارد نرمال را نشان می دهد.

شکل (۵): هیستوگرام فراوانی داده های تبدیل شده به استاندارد نرمال

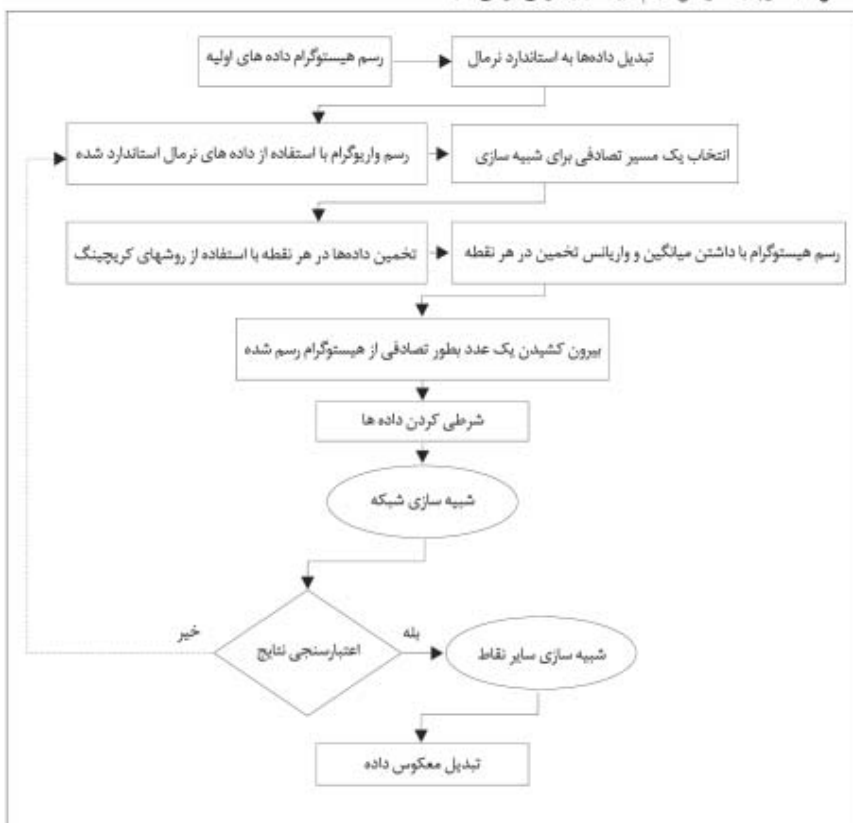
۴- مطالعات زمین آماری

اساس مطالعات زمین آماری، بر وجود ساختار فضایی در داده ها بوده و واریوگرام مهمترین ابزار نمایش همبستگی های فضایی

به کار بردن آنها و تجزیه و تحلیل مناسب تر نتایج حاصل از تخمین میکند. برای این منظور شناخت پارامترهای آماری جامعه شامل میانگین، پراش، ضریب تغییرات و به خصوص چولگی که دلالت بر نرمال بودن یا غیر نرمال بودن تابع توزیع داده ها دارد، مفید خواهد بود. در بین همه این عوامل، شکل تابع توزیع و میزان انحراف آن از توزیع نرمال و امکان تبدیل داده ها به توزیع نرمال در فرایند تخمین اهمیت فوق العاده ای دارد. هرچه تابع توزیع به نرمال نزدیکتر باشد امکان بروز خطای سیستماتیک در فرایند تخمین کاهش می یابد. بررسی آماری داده ها از این نظر نیز که آیا میتوان آنها را به عنوان یک جامعه آماری در نظر گرفت یا داده ها خصلت چند جامعه ای دارند (با چند مد ظاهر میشوند) حائز اهمیت است. [۴].

از آنجا که تمامی نمونه ها دارای طولهای یکسانی نبودند، ابتدا هیستوگرامی از تعداد طول نمونه های مورد آنالیز ترسیم شد. بر این اساس از مجموع ۳۳۳۱ داده اولیه، تعداد ۱۵۱۷ نمونه (۴۵٪) با طول ۴ متر و پس از آن ۱۱۰۰ نمونه (۳۳٪) با طول ۲ متر دارای بیشترین فراوانی ها بودند. برای جلوگیری از میانگین گیری داده های حاصل از آنالیز، تصمیم گرفته شد تا کامپوزیت هایی با طول ۲ متر تهیه شوند. از این رو با استفاده از رابطه ۱، کلیه نمونه ها به کامپوزیتهای ۲ متری تبدیل شدند. پس از این مرحله، تعداد ۶۱۸۵ داده

شکل (۱): فلوجارت مراحل انجام شبیه سازی متوالی گوسی [۵]





بین داده‌ها است [۸]. رابطه ۲ مقدار میانگین واریانس عیار بین جفت نقاط را محاسبه میکند.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

برای تعیین ساختار فضایی داده‌های Fe در منطقه، واریوگرام غیر جهتی رسم می‌شود. در این مرحله از داده‌های کامپوزیت شده با طول‌های یکسان ۲ متر برای رسم واریوگرام سه بعدی استفاده شد. طول گام بهینه (فاصله بین جفت نقاط) برابر ۴۰ متر در نظر گرفته شد. برای متغیر ناحیه‌ای Fe دو سری واریوگرام غیر جهتی و جهت دار بررسی و ترسیم شد. واریوگرام غیر جهتی با پارامترهای آزمون و شبیه برابر صفر درجه و تفرانس برابر ۹۰ درجه مشخص می‌شود در حالیکه واریوگرام جهت دار علاوه بر دارا بودن آزمون و شبیه مشخص، تفرانس بسیار کمتری دارد [۱۰]. شکل (۶) واریوگرام غیر جهتی داده‌ها را نشان می‌دهد. توجه شود که آستانه یا سقف واریوگرام از واریانس کل جامعه Fe کمتر است. همانطور که مشاهده می‌شود یک مدل کروی با اثر قطعه‌ای (۲۱۲۴٪)، سقف (۲۲۸۰٪) و دامنه ۳۱۰ متر به این واریوگرام برازش شده است.

#### ۵- تشخیص همسانگردی کانسار

برای تشخیص همسانگردی یا ناهمسانگردی عیار آهن در کانسار چغارت، واریوگرام‌های جهت دار در آزمون‌های ۱۳۵،۹۰،۴۵،۰ با شبیه‌های ۱۳۵،۹۰،۴۵،۰ و تفرانس ۵.۲۲ درجه ترسیم شدند. جدول (۱) پارامترهای زمین آماری مدل‌های برازش شده به واریوگرام‌های ترسیم شده را نشان می‌دهد. با توجه به واریوگرافی‌های صورت گرفته در اکثر واریوگرام‌ها شعاع تأثیرها تقریباً یکسان (۲۷۰-۳۱۵ متر) و آستانه‌ها مشابه (۳۰۰-۳۲۰) بدست آمد. بر همین اساس به منظور تخمین هر بلوک و شبیه سازی آن، به جای استفاده از بیضوی آبیروتریوی، از کره ای با شعاع تأثیر برابر با دو سوم دامنه واریوگرام غیر جهتی استفاده شد.

#### ۶- شبیه سازی کانسار

برای کلیه محاسبات تخمین و شبیه سازی متوالی گوسی از نرم افزار GSLIB استفاده شد. این نرم افزار، مجموعه‌ای از نرم افزارهای زمین آماری است که در دانشگاه استنفورد برنامہ نویسی شده است.

#### ۷-۱- تعیین فضای تخمین

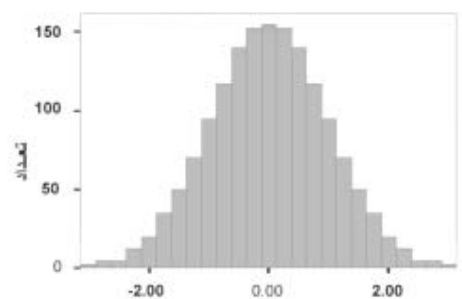
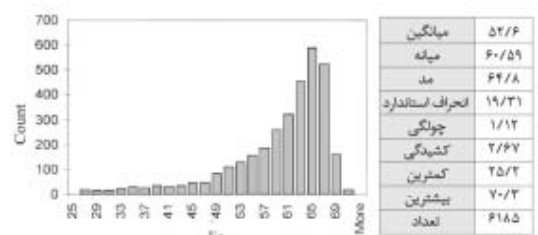
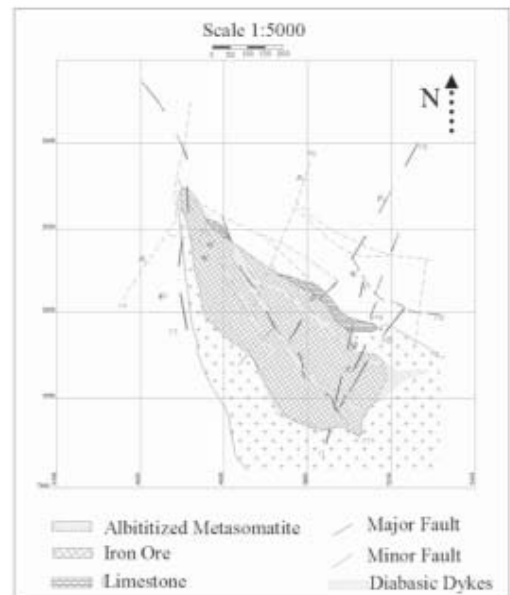
در اولین گام، به منظور کنترل فرایند تخمین و شبیه سازی لازم است فضایی به نام فضای تخمین تعریف شود. این محدوده باید فضایی باشد که بخش عمده آن را کانسنگ تشکیل می‌دهد در تعیین چنین مرزهایی مقدار عیار کنترل کننده اصلی است ولی در مواردی که داده‌های عیار سنجی کافی نیست، داده‌های زمین شناسی مانند همبری واحدهای سنگی، گسل‌ها و دیگر عوامل ساختمانی می‌توانند در تصحیح و اصلاح مرزها مفید واقع شوند. در این مطالعه در مرحله اول همبری متاسوماتیت و کوارتز پرفیری به عنوان مرز بین کانه سازی و باطله تشخیص داده شد زیرا کانی سازی در مجموعه متاسوماتیتها انجام گرفته است. براساس نقشه‌های تهیه شده، مرز بین باطله و کانه در هر افق (فاصله بین هر افق ۱۲/۵ متر) در محیط اتوکد تبدیل به یک حجم سه بعدی شد و در مرحله آخر، براساس داده‌های گمانه‌ها اصلاح نهایی شد؛ به این صورت که براساس عیار گمانه‌ها بخش‌هایی از فضای تخمین حذف و بخش‌هایی دیگر اضافه شد. برای شبیه سازی از بلوک‌هایی به ابعاد ۱۲/۵ × ۲۵ × ۲۵ متر استفاده شد که در آن ارتفاع بلوک تخمینی برابر با ارتفاع بلوکهای استخراجی و معادل ۱۲/۵ متر در نظر گرفته شده است. در نهایت کل کانسار آهن چغارت مشتمل بر ۶۶۹۳ سلول با ابعاد فوق تقسیم بندی شد.

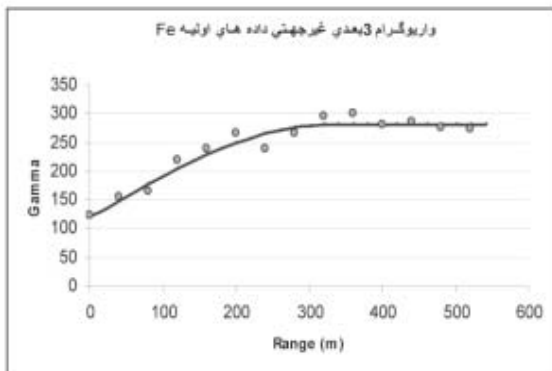
#### ۷-۲- شبیه سازی

برای به دست آوردن ۱۰۰ تصویر، ۱۰۰ بار شبیه سازی بر روی کلیه بلوکها (سلولها) صورت گرفته است. برای تخمین بلوکها از روش کریجینگ استفاده شد و در آن به جای استفاده از بیضوی آبیروتریوی، از کره ای با شعاع تأثیر ۲۰۸ متر استفاده شد [۲]. کریجینگ یک روش تخمین زمین آماری است. به طور خلاصه می‌توان آن را بهترین تخمین گر خطی ناریب دانست. این تخمین گر خطی ضمن آن که کمترین واریانس تخمین را تنظیم می‌کند، ناریب بودن تخمین‌ها را نیز تضمین می‌کند [۸]. یکی از قابلیت‌های کریجینگ آن است که قادر است هم به صورت نقطه‌ای و هم بلوکی تخمین بزند. شکل (۶) افق (۶) متری این کانسار را پس از شبیه سازی در چهار تصویر ۳۲، ۴۶، ۶۲ و ۸۷ نشان می‌دهد.

#### ۷-۳- اعتبار سنجی نتایج شبیه سازی

نتایج شبیه سازی (تصویرها) هنگامی قابل قبول هستند که بتوانند هیستوگرام و واریوگرام جامعه را دوباره تولید کنند [۱]. از این رو، هیستوگرامها و واریوگرام‌های ۱۰۰ تصویر شبیه سازی شده محاسبه شدند. شکل (۷) هیستوگرام‌های ۴ تصویر ۳۳، ۴۶، ۶۲ و ۸۷ را نشان می‌دهد. جدول (۲) پارامترهای آماری این ۴ تصویر را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، تصویرها قادر به بازسازی هیستوگرام کانسار بوده‌اند.



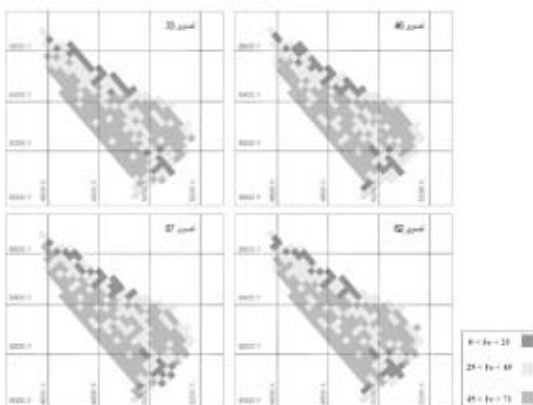


چراکه کلیه پارامترهای آماری جامعه، قبل از شبیه سازی بسیار نزدیک به پس از شبیه سازی است. مقایسه واریوگرام های تصویرها با مدل برازش شده به داده های اولیه نیز در شکل (۹) بیان کننده این است که تصویرها بخوبی قادر به تولید مجدد پارامترهای زمین آماری منطقه بوده اند و از این لحاظ نیز دارای اعتبار مناسب هستند. بنابراین، از آنجا که تمامی تصویرها قادر به تولید مجدد پارامترهای آماری و زمین آماری منطقه بوده اند، لذا تمامی آنها معتبرند و می توان از آنها در تحلیل های بعدی استفاده کرد.

#### ۸- نقشه type-E

پس از اینکه تصویرها به دست آمدند و نتایج آنها اعتبار سنجی شدند، نقشه type-E رسم می شود. این نقشه مقدار متوسط نهایی تخمینی را برای هر بلوک با میانگین گیری بین مقادیر حاصل از ۱۰۰ تصویر نشان می دهد. اساس این نقشه آن است که برای هر بلوک از ۱۰۰ مقدار شبیه سازی شده خاص آن بلوک میانگین حسابی گرفته می شود. بدین ترتیب یک نقشه میانگین از کل منطقه حاصل می شود. از آنجا که این نقشه با میانگین گیری بین ۱۰۰ تصویر حاصل شده است، به نقشه حاصل از کریجینگ شبیه است [۳].

شکل (۸): همستوگرام فراوانی و پارامترهای آماری ۴ تصویر ۴۶، ۶۲، ۳۳، ۸۷ پس از شبیه سازی متوالی گوسی



شکل (۹): واریوگرام های تولید شده توسط ۴ تصویر به همراه مدل برازش شده به داده های اولیه (خط ممتد) - در تصویر اول نقاط واریوگرامهای چهار تصویر با قرار گرفتن بر روی نمودار واریوگرام قبل از شبیه سازی، انطباق ساختاری فضای شبیه سازی شده جدید را با فضای قبل از شبیه سازی نشان می دهند.

شکل (۹) نقشه type-E افق ۱۱۵۰ کانسار آهن چغارت را نشان می دهد. همانطور که در این شکل پیداست، مناطق کم عیار و پرعیار ساختاری پیوسته را نشان می دهند. با رسم نقشه های type-E برای تمام افقهای کانسار ذخیره ای معادل ۱۰۸ میلیون تن با عیار حد ۴۵ درصد و میانگین ۵۶٪ برای این کانسار تخمین زده شد.

شکل (۱۰): نقشه حاصل از کریجینگ در افق ۱۱۵۰ متر

شکل (۱۱): نقشه type-E در افق ۱۱۵۰ متر

#### ۹- نقشه های احتمال

از جمله مهمترین نتایجی که از تصویرها حاصل می شوند، نقشه های احتمال است. این نقشه ها احتمال عبور از حد معینی از عیار را برای هر بلوک نشان می دهند و با شمارش تعداد دفعاتی که عیار یک بلوک از مقدار حدی در تمامی تصویرهای ایجاد شده عبور کند، به دست می آیند. در واقع نقشه های احتمال امکان برنامه ریزی های دقیق استخراجی را برای مهندسان معدن فراهم می کنند، چراکه قادر هستند احتمال تحقق عیار برای یک بلوک خاص را با اعداد بین صفر تا ۱۰۰ بر حسب درصد بیان دارند. همچنین امکان تعیین نقاط بهینه جهت اکتشافات تفصیلی تر را نیز در اختیار می گذارند [۱۱].

شکل (۱۲) نقشه احتمال عبور از حد ۴۵ درصد عیار را در یکی از افقها نشان می دهد (یادآور میشود در کانسار آهن چغارت، کانسنگ با عیار زیر ۴۵٪ به عنوان کانسنگ کم عیار و در بعضی موارد باطله تلقی می شود). این نقشه بر اساس احتمال گذر از مقادیر ۵۰٪ و ۸۴٪ درصد تهیه شده است. بدین ترتیب احتمال گذر از عیار حد ۴۵ درصد برای تمامی بلوکهای کانسار محاسبه می شود.

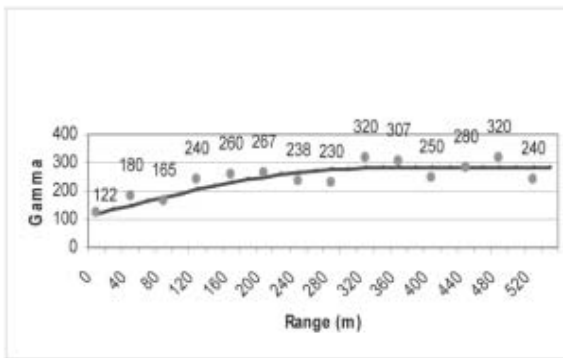
شکل (۱۲): نقشه احتمال گذر عیار از حد ۴۵٪ در افق ۱۱۵۰ کانسار

#### ۱۰- منحنی های عیار - تناژ

منحنی های عیار - تناژ یکی از ابزارهایی هستند که مدیران معادن را قادر به تعیین صحیح پارامترهای برنامه ریزی های بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت برای تولید ماده معدنی می کنند [۱۰].

این منحنی ها امکان تعیین عیار حد بهینه و به دنبال آن مقدار ذخیره را با توجه به عیار متوسط مورد نیاز کارخانه فرآوری فراهم می کنند. از آنجا که در شبیه سازی، تصویرهای متعددی از کانسار ایجاد می شود، می توان بر اساس هر تصویر به یک منحنی عیار - تناژ دست یافت و در نهایت با انطباق تمامی منحنی ها بروی یک نمودار به ریسک موجود در تعیین تناژ ذخیره بر اساس عیار حد تعیین شده پی برد. تعیین ریسک همراه با تخمین تناژ امکان برنامه ریزی های دقیق را برای مهندسان معدن فراهم می کند، بطوریکه، اگر حالات بحرانی نمودار به وقوع بپیوندد، معدن از نظر برنامه های استخراجی، فرآوری و حتی از نظر اقتصادی با مشکل مواجه نشود [۱۲].

رسم منحنی های عیار - تناژ به محاسبه تناژ برای عیارهای مختلف نیاز دارد. برای محاسبه تناژ به عیار هر بلوک، جرم مخصوص ماده معدنی و در



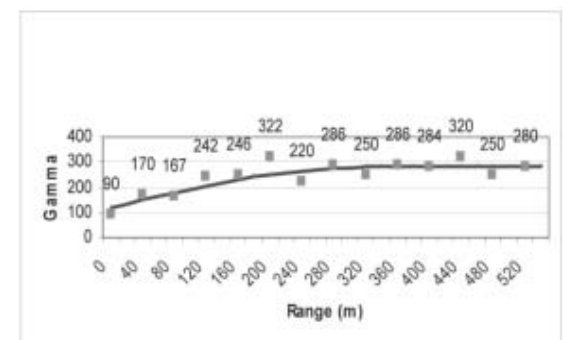
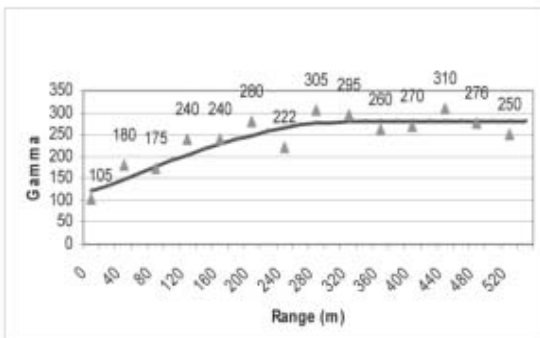
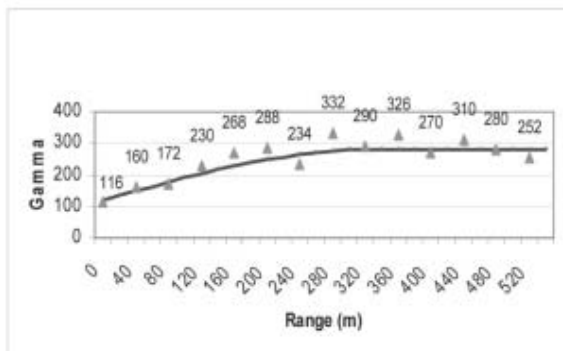
صد بازیابی مغزه ها نیاز است. لذا با توجه به این داده ها می توان به محاسبه مقدار ذخیره به ازاء عیارهای حد مختلف پرداخت. شکل (۱۳) منحنی عیار- تناژ را برای کانسار چغارت نشان می دهد. ذکر این نکته ضروری است که این منحنی ها و اساساً تمام محاسبات آورده شده در این مقاله براساس کانسار موجود در معدن در سال ۱۳۸۲ تهیه شده است.

شکل (۱۳): منحنی عیار- تناژ کانسار (خط منقطع نشان دهنده منحنی عیار متوسط- عیار حد و خطوط پیوسته نشان دهنده منحنی های عیار حد- تناژ برای تصویرهای مختلف است)

فاصله بین منحنی های عیار حد - تناژ در این نمودار نشان می دهد که در عیار حدهای پایین تر ریسک تخمین تناژ بالاتر از ریسک تخمین مقدار ماده معدنی در عیارهای بالاتر است [۱۲]، که این از فراوانی داده در عیارهای بالاتر ناشی میشود.

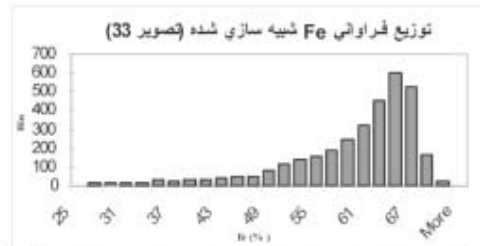
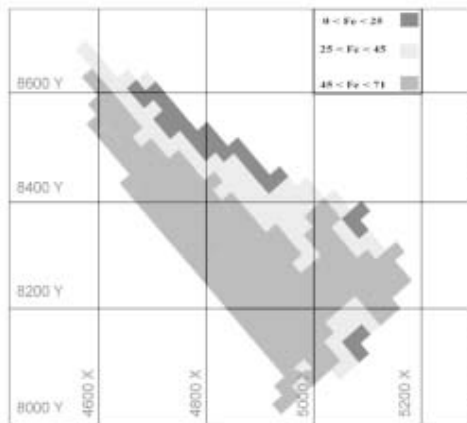
### نتیجه گیری

شبیه سازی زمین آماری یکی از کارآمدترین روش ها در تعیین ریسک همراه با تخمین ذخیره است. این روش قادر به پیشگویی بهترین و بدترین حالت رخداد ممکن در رابطه با عیار و تناژ ماده معدنی است و بدین ترتیب میتواند مهندسان معدن را در جهت برنامه ریزیهای دقیق تر استخراجی و فرآوری راهنمایی کند. در کانسار آهن چغارت نیز با استفاده از روش شبیه سازی متوالی گوسی، که خود نوعی شبیه سازی زمین آماری است، ذخیره متوسط ۱۰۸ میلیون تن سنگ آهن با عیار متوسط ۵۶٪ Fe بدست آمده است. همچنین نمودارهای احتمال رسم شده احتمال عبور از عیار حد ۴۵ در صد را برای هر بلوک در اختیار مهندسان استخراج معدن قرار می دهند و بدین ترتیب می توانند در بهینه سازی برنامه ریزی های استخراجی کوتاه مدت موثر باشند. همچنین نمودارهای عیار- تناژ، ریسک همراه با استخراج این مقدار ماده معدنی را تعیین کرد و نشان داد که تغییرات تناژ ماده معدنی با عیار حد ۴۵ درصد بین ۹۷ تا ۱۱۶ میلیون تن است.



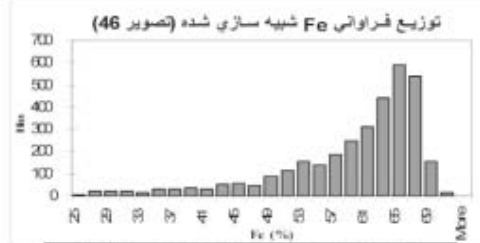
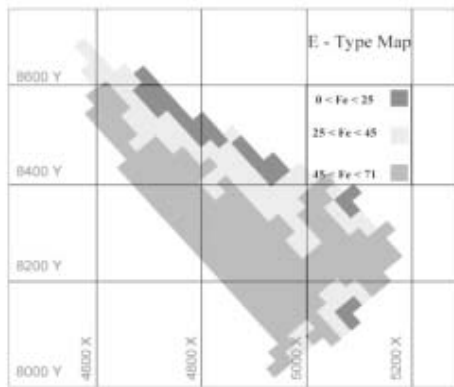
### مراجع

- [۱] سعید، ساناز؛ [تخمین ذخیره و تعیین ریسک همراه با تخمین بروش شبیه سازی زمین آماری متوالی گوسی]؛ مجموعه مقالات کنفرانس مهندسی معدن ۸۳، جلد اول؛ ص ۱۴۱ تا ۱۵۴؛ ۱۳۸۳
- [۲] اصغری، امید؛ مدلسازی زمین آماری و تخمین ذخیره کانسار آهن چغارت؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۸۲
- [۳] حسینی پاک، علی اصغر؛ شرف الدین، محمد؛ [تحلیل داده های اکتشافی]؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ویرایش اول؛ ۱۳۸۰
- [۴] مدنی، حسن؛ [مقدمه ای بر زمین آمار]؛ انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ویرایش اول؛ ۱۳۷۴
- [۵] رحیم، علیرضا؛ شبیه سازی زمین آماری و کاربرد آن در ارزیابی مخازن نفت؛ سمپار کارشناسی ارشد؛ دانشکده فنی دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۳



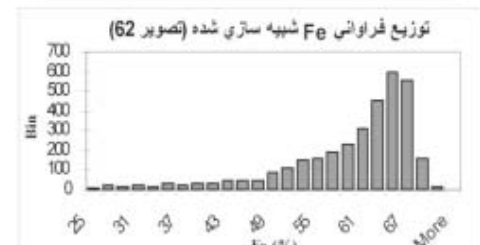
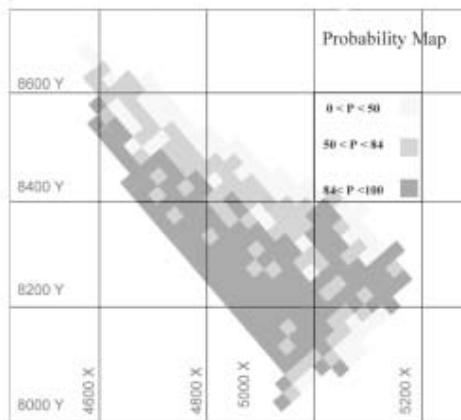
**پارامترهای آماری تصویر شبیه سازی شده 33**

میانگین	5278
میانه	6091
انحراف استاندارد	1920
واریانس	36864
تعداد	6185



**پارامترهای آماری تصویر شبیه سازی شده 46**

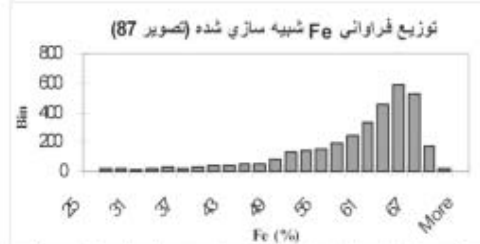
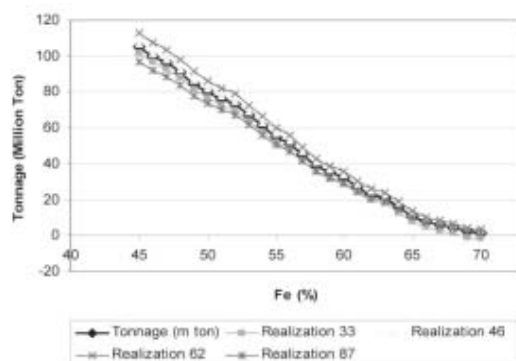
میانگین	5136
میانه	6048
انحراف استاندارد	1902
واریانس	36176
تعداد	6185



**پارامترهای آماری تصویر شبیه سازی شده 62**

میانگین	5321
میانه	5968
انحراف استاندارد	1925
واریانس	37056
تعداد	6185

**Grade - Tonnage Curve**



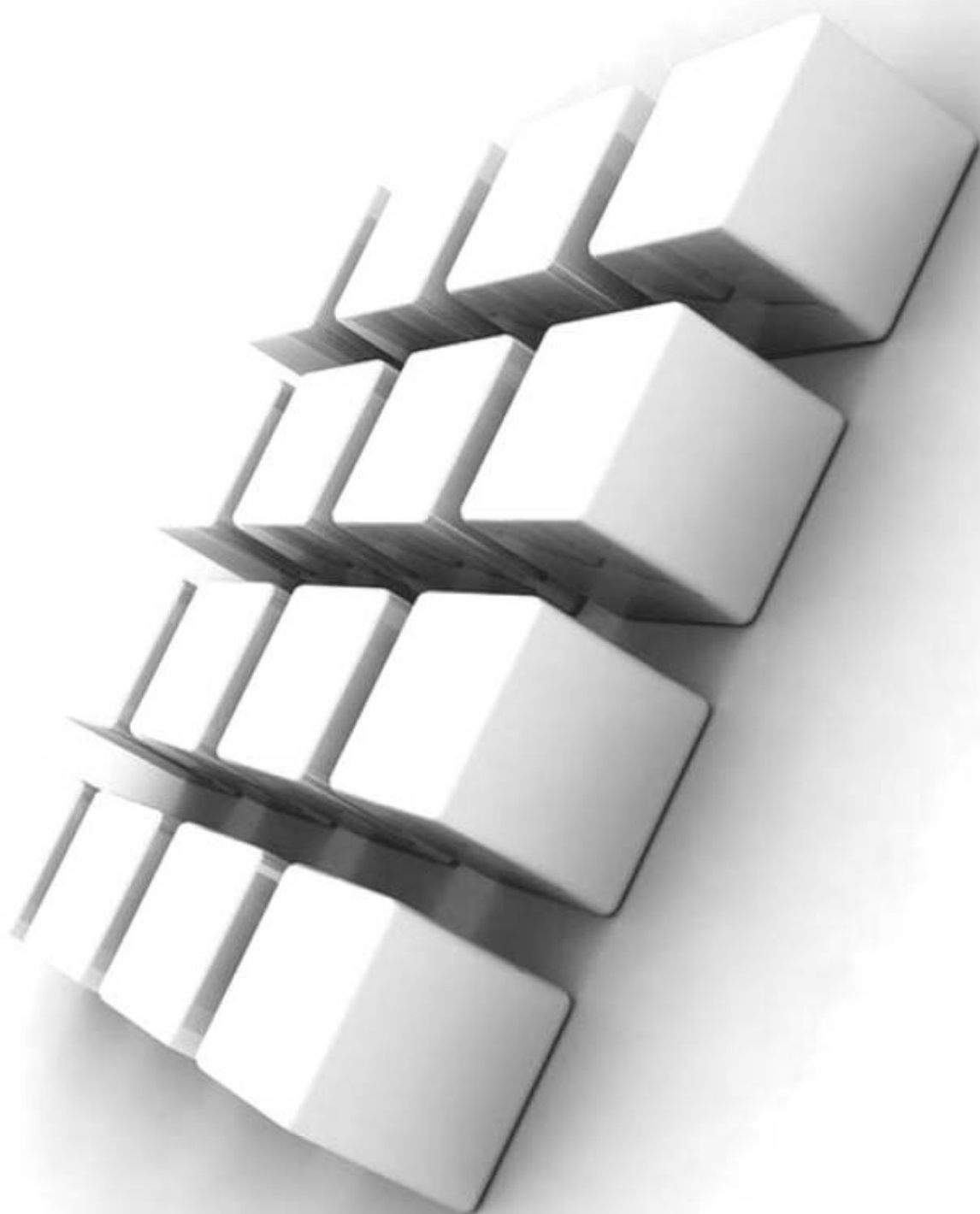
**پارامترهای آماری تصویر شبیه سازی شده 87**

میانگین	5285
میانه	6030
انحراف استاندارد	1877
واریانس	35231
میانگین	6185

# آخرین یافته‌های تحقیقاتی در

## مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی رایانه‌ای فرآیندها و مدارهای خردایش

سید محمد رضویان، کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر



# آخرین یافته‌های تحقیقاتی در

## مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی رایانه‌ای فرآیندها و مدارهای خردایش

سید محمد رضویان، کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

### چکیده

مدل سازی ریاضی و شبیه سازی رایانه ای، روش های کارآمدی جهت طراحی، تجزیه و تحلیل، بهینه سازی و کنترل در کارخانه های فرآوری مواد معدنی (به ویژه مدارهای خردایش به دلیل مصرف زیاد انرژی الکتریکی) می باشند که در چند دهه اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته اند. مدل های ریاضی مورد استفاده در شبیه سازی فرآیندهای فرآوری مواد معدنی به طور کلی به سه نوع تجربی، بنیادی و پدیده شناختی طبقه بندی می شوند. رویکردی که به تازگی در شبیه سازی مدارهای خردایش گسترش یافته اند، روش های شبیه سازی دقت بالا (Simulation, HFS) شامل روش های اجزای گسسته برای توصیف رفتار ذرات، دینامیک سیالات محاسباتی برای بررسی جریان پالپ، شکست ذرات گسسته (Discrete Grain Breakage, DGB) برای بررسی نحوه شکست ذرات و مدلسازی موازنه جمعیتی برای بررسی توزیع ابعادی ذرات می باشند. با توجه به تحقیقات انجام گرفته، مدل هایی که عملکرد واحدهای فرآیندی و رفتار ذرات داخل آنها را بر اساس قوانین پذیرفته شده فیزیکی (اصول اولیه) توصیف می کنند، مثل روش های مبتنی بر شبیه سازی دقت بالا دارای دقت و صحت زیادی هستند ولی به محاسبات پیچیده و طولانی نیاز دارند. مدل های تجربی هرچند دارای دقت روش های جدید نیستند اما به دلیل سادگی محاسبات و صرف زمان اندک همچنان مورد توجه هستند. بر این اساس تلفیق روش های تجربی جهت طراحی های اولیه و روش های پیشرفته جهت تجزیه و تحلیل، بهینه سازی و ارزیابی طراحی های اولیه در موارد مختلف می تواند بهترین نتایج را به همراه آورد. در این مقاله رویکردها و روش های مختلف مدلسازی و شبیه سازی که هم اکنون مورد توجه پژوهشگران در این زمینه می باشند مورد بحث و بررسی قرار می گیرند.

### مقدمه

شبیه سازی فرآیند ابزاری مهم و کاربردی برای یک مهندس فرآوری مواد معدنی می باشد. بخش های اصلی کاربرد شبیه سازی در بخش فرآوری شامل طراحی، تحلیل، بهینه سازی و کنترل سیستم های مختلف می باشد. از شبیه سازی فرآیند استفاده های دیگری نیز می شود، به عنوان مثال، آموزش های عملیاتی و تکنیکی یا توسعه پژوهشی و فناوری. یادآوری این نکته حائز اهمیت است که مبنای اصلی ساخت شبیه سازی فرآیند، مدل های ریاضی می باشد. به طور کلی سه نوع مدل وجود دارد که می تواند مبنای شبیه سازی فرآیند باشد.

روش های اجزای گسسته<sup>۱</sup> و دینامیک سیالات محاسباتی<sup>۲</sup>.

- پدیده شناختی<sup>۳</sup>: این مدلها از یک سری روابط جبری و دیفرانسیلی بهره می برند که براساس بعضی اصول مهندسی، فیزیکی و شیمیایی بنا شده اند، اما در عین حال نیاز به کالیبراسیون<sup>۴</sup> توسط داده های کارخانه ای نیز دارند (به عنوان مثال مدلهای موازنه جمعیتی<sup>۵</sup> در آسیاهای گلوله ای).

شکل ۱ ارتباط و ترتیب مدل هارا نشان می دهد. مهمترین نکته ای که از این شکل مشخص است ارتباط بین دقت و نوع محاسبات است. ملاحظه میشود که با تغییر و حرکت به طرف

- تجربی<sup>۱</sup>: این مدلها شامل یک مجموعه روابط جبری هستند که بوسیله رگرسیون<sup>۲</sup>، آمار چند متغیره<sup>۳</sup> و یا شبکه های عصبی<sup>۴</sup> توسعه یافته اند. این نوع مدلها به عنوان مدلهای جعبه سیاه<sup>۵</sup> شناخته می شوند. مدل های جعبه سیاه به مدل هایی اطلاق می شود که تنها بر اساس یک سری داده های ورودی، داده های خروجی دریافت می شود (به عنوان مثال می توان به مدل پلیت<sup>۶</sup> در کلاسیفایرهای آبی اشاره نمود).

- بنیادی<sup>۲</sup>: این مدلها براساس یک سری روابط جبری و دیفرانسیلی تشکیل شده اند که مبنای آنها اصول اولیه فیزیکی و شیمی است و نیاز کمتری به کالیبراسیون دارند (به عنوان مثال

بالای شکل، جزئیات مدل و محاسبات و در نتیجه دقت مدل افزایش می یابد و برعکس هرچه به طرف پایین شکل حرکت کنیم دقت مدل کاهش می یابد ولی در عوض محاسبات ساده تر می شوند. همانگونه که مورد انتظار است توسعه مدلها به صورت ناهمگون است. دلیل این ناهمگونی، نیازهای تکنیکی و اقتصادی صنعت می باشد که با توجه به این نیازها، مدلها نیز در همان راستا گسترش می یابند. به عنوان مثال، مدلهای مرتبط با فرآیند خریداری در همه انواع مدلها وجود دارند در عین حال مدلهای تجربی، همچنان برای شبیه سازی وسائل طبقه بندی (مانند هیدروسیکلونها) کاربرد وسیع دارند. به طور کلی بسیاری از روش های شبیه سازی برای حل مسائل اساسی، شامل دو یا چند نوع مدل هستند.

#### تاریخچه شبیه سازی در فرآوری مواد معدنی

از حدود ۱۰۰ سال قبل مدل های ریاضی جهت طراحی و بهینه سازی فرآیند مورد توجه قرار گرفتند. این مدلها به نحوی تهیه می شدند که مستقل از ابعاد تجهیزات طراحی باشند. در عین حال مدل ها به طرفی حرکت می کردند که همه جوانب طراحی از جمله داشتن انعطاف لازم برای توسعه، انتخاب انواع ابعاد مختلف و همچنین بهینه سازی تجهیزات را مدنظر قرار دهند. فرآیند خریداری و مخصوصاً آسیای مواد معدنی و مدارهای مرتبط با آن، بیشترین توجه را برای شبیه سازی و ارائه مدلهای ریاضی لازم به خود جلب نموده اند. شاید دلیل این توجه، مصرف انرژی بسیار زیاد (۵۰ درصد انرژی مصرفی کارخانه) مدارهای خریداری، مخصوصاً آسیا کردن باشد [۲].

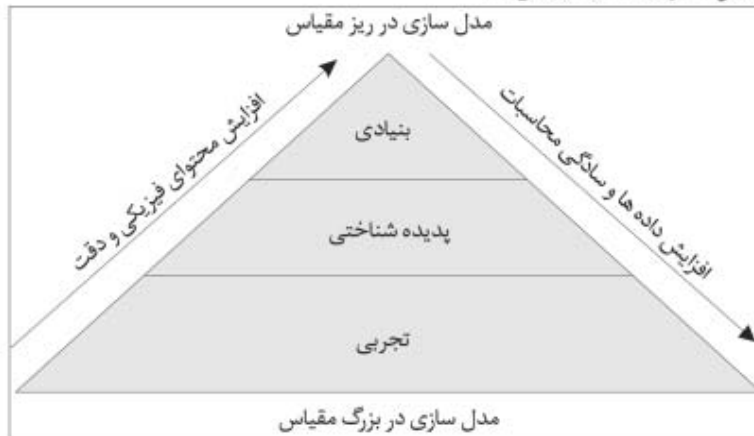
مدلهای ریاضی از زمانی که مهندسان، دانشمندان، اقتصاددانان و دیگران در مورد مسائل با نگرش کمی<sup>۱۳</sup> می اندیشیدند، وجود داشتند. اما قبل از پیدایش و استفاده از محاسبه گره های رقمی و زبان های برنامه نویسی سطح بالا، ساختار مدلهای سیستم های پیچیده به یک سری روابط جبری و یا حتی روابط دیفرانسیلی ساده محدود شده بود. یک مدل ساده و مناسب برای توضیح این نوع مدلها، مدل اندیس کارباند<sup>۱۴</sup> (۱۹۵۲) می باشد. این مدل بر دو مبنا استوار است: یکی مبنای تئوری، یعنی انرژی مورد نیاز برای رسیدن به ذرات با ابعاد جدید، و دیگری مبنای عملی، یعنی مجموعه داده های آزمایشگاهی بسیار زیادی که مقدمه اساسی ساختار مدل را تشکیل می دهند. سال های متممادی رابطه باند برای طراحی بسیاری از مدارهای آسیای گلوله ای و میله ای مورد استفاده قرار می گرفت و همچنان نیز مبنای

فناوری اطلاعات<sup>۱۱</sup> (IT) زمان آن رسیده بود که محققان و دست اندرکاران بر روی محتوا<sup>۱۲</sup> تمرکز می کردند.

بعد از سال های ۱۹۸۰، نرم افزارهای شبیه سازی به طور منحصر به فردی توسط محققان و متخصصان توسعه یافتند. اما همزمان با توسعه قابل قبول، نیاز مبرمی به نرم افزارهای قدیمی و روش های استاندارد قبلی احساس می شد. در کانادا با توجه به این نکته، پروژه شبیه سازی فناوری ذغال و کانه<sup>۱۳</sup> (SPOC) در سال ۱۹۸۰ آغاز شد. این پروژه که توسط CANMET حمایت می شد، یکی از اولین فعالیتهای مشترک بین صنعت، دانشگاه و دولت بود که برای تهیه بسته نرم افزاری کاملی از برنامه های کامپیوتری مناسب و مفید صورت گرفت و شبیه سازی در عملیات صنعتی را آسان کرد. فعالیت های مشابهی در این رابطه در کشورهای دیگر نیز صورت گرفت. در سال ۱۹۸۴ کینگ<sup>۱۴</sup> و فورد<sup>۱۵</sup> نرم افزار MODSIM را ارائه نمودند. این برنامه یک شبیه ساز حالت پایدار مدارهای فرآوری مواد معدنی بود که در سال ۱۹۸۵ به صورت تجاری درآمد. در سال ۱۹۸۶ JKMRM اولین نسخه شبیه ساز تجاری خود را تحت عنوان JKSimMet و نیز BRGM اولین نسخه شبیه ساز خود را تحت عنوان USIMPAC به بازار معرفی کردند. نرم افزارهای اخیر در طول ۱۵ سال گذشته توسعه

بسیاری از کارهای طراحی آسیای گلوله ای است. با افزایش ابعاد دستگاه ها و تنوع کانه ها، برای رفع محدودیت آزمایش استاندارد باند، ضرایب اصلاح یا روش های اصلاح شده در رابطه اصلی باند اضافه شده اند تا کارایی روش افزایش یابد. علاوه بر طراحی، مدل باند در تحلیل فرآیند خریداری (دستگاه ها و مدارهای خریداری) نیز مورد استفاده قرار می گیرد. نخستین بار رلندز<sup>۱۵</sup> پیشنهاد کرد که می توان به وسیله مقایسه ضرایب کار عملیاتی با ضرایب آزمایشگاهی عملکرد کارخانه را تعیین کرد [۳]. هر چند مدل باند دارای اعتبار قابل ملاحظه ای برای طراحی آسیاهای گلوله ای بود اما توانایی کافی را برای تحلیل مناسب و بهینه سازی عملیات به طور دقیق تر و جزئی تر دارا نبود. برای رفع این مشکل، بین سال های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ فعالیت های تحقیقاتی برای گسترش و توسعه مدل های پدیده شناختی تجهیزات خریداری ایجاد گردید. روش عمومی در این مدل ها بر اساس آنچه که به روش ها یا مدل های موازنه جمعیتی (PBM) معروف شده اند بنا شده بود. بسیاری از دانشگاه های معتبر جهان مانند کوئینزلند<sup>۱۶</sup>، یوتا<sup>۱۷</sup>، ایالتی پنسیلوانیا<sup>۱۸</sup> و بریتیش کلمبیا<sup>۱۹</sup> اقدام به توسعه ساختاری و کاربردی این مدلها برای تحلیل و بهینه سازی مدارهای خریداری نمودند. فعالیت های لینچ<sup>۲۰</sup> و همکارانش در سال

شکل ۱- مراتب مدلسازی ریاضی [۱]



یافته اند و در حالی که به احتمال زیاد هر کدام بر روی روش های متفاوتی متمرکز شده اند ولی همچنان معرف استانداردهای صنعتی کاربردی هستند [۴].

در سال های بعد از ۱۹۸۰ تا قبل از سال ۱۹۹۰، کاربرد روش های اجزای گسسته (DEM) برای شبیه سازی آسیاها در دانشگاه یوتا مورد بررسی قرار گرفت. بعد از این دهه، استفاده از توابع نمایی سرعت عمل کامپیوتر را افزایش داد (قانون مر<sup>۲۱</sup>) و فعالیت های وسیع و

یکی از مثال های بارز جهت اعتباردهی و بهینه سازی این مدل هاست. در مورد شبیه سازی به روش PBM تحقیقات گسترده ای در سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ صورت گرفت. این تحقیقات به طور خاص با توجه به توسعه مدل های بهتر و ابداع روش های متناسب با کالیبراسیون بیشتر گسترش یافت (به عنوان مثال قوانین و تجهیزات نمونه برداری، روش های آزمایشگاهی، روش های موازنه جرم، روش های برآورد پارامتر). به تبعیت از علم

رو به رشدی در این زمینه آغاز گردید، به طوری که تعدادی از این روش های صنعتی اخیراً گزارش شده است. میسرا<sup>۱۸</sup> و راجامانی<sup>۱۹</sup> در سال ۱۹۹۲ اولین کسانی بودند که ریاضیات مورد نیاز مناسب را برای شبیه سازی معرفی کردند<sup>[۲]</sup>. فعالیت های گسترده اخیر بر روی افزایش سرعت محاسبات، متمرکز شده تا زمان شبیه سازی کاهش یافته و مسائل بزرگتر و پیچیده تری حل شوند. همچنین این توجهات به طور همزمان بر روی برنامه ها و الگوریتم هایی متمرکز شده تا رفتار ذرات، پیش بینی شده و راه حل های آسان حاصل شوند. علیرغم این فعالیت ها، یک الگوریتم بزرگ و پیچیده (دارای ۵×۱۰<sup>۵</sup> جزء و به صورت سه بعدی با اشکال غیرکروی) هنوز نیاز به بیشتر از ۵ روز زمان برای شبیه سازی و حل دارد. همچنین فعالیت هایی برای توسعه بهتر شرایط مورد نیاز قبل از فرآیند شبیه سازی (سازمان دهی و شروع مسأله) و بعد از فرآیند شبیه سازی (ارائه داده ها و تعبیر و تفسیر آنها) باید انجام شود.

امروزه مدل ها به سمت استفاده از اصول بنیادی فرآیندها در مسیرهای فرآوری مواد معدنی حرکت می کنند. این حرکت باعث شناسایی و کاربرد مدل های شبیه سازی دقت بالا (HFS) شده است تا رفتار ذرات و جریان پالپ و خردایش ذرات کانه را با استفاده از مدل های بنیادی که اصول پذیرفته شده فیزیکی می باشند، پیش بینی کند. در این قسمت به طور مختصر توانایی های وسیع و امکانات روش های HFS بررسی می شود.

#### شبیه سازی دقت بالا (HFS)

ابزار با ارزشی که در HFS برای طراحی مسیرهای فرآوری مواد معدنی به کار می روند شامل مدل سازی اجزای گسسته (DEM)، دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)، شکست ذرات گسسته<sup>۲۹</sup> (DGB) و مدل سازی موازنه جمعیتی (PBM) می باشند<sup>[۵ و ۱۰]</sup>. شبیه سازی DEM بر روی ذرات به صورت مجزا متمرکز شده اند. اساس این مدل قانون دوم حرکت نیوتن است. رابطه ۱، برای یک ذره با وزن  $m_i$  که با سرعت  $V_i$  جابجا می شود در اثر اعمال مجموعه ای از نیروها،  $f_{ij}$ ، که شامل نیروهای وزنی و نیروهای بین ذره - ذره، ذره - مایع و نیروهای مرزی میشود، استفاده می شود.

$$\frac{d(m_i v_i)}{dt} = \sum f_{ij} \quad (1)$$

اگر حرکت ذره منحصر به دو بعد باشد، شبیه سازی به شکل DEM-D2 به کار می رود و اگر جابه جایی به طور کامل در فضای سه

بعدی صورت پذیرد، شبیه سازی DEM-D3 به کار می رود. منظور از ذراتی که در فرآوری مواد معدنی در نظر گرفته می شوند، به طور کلی شامل ذرات کانستگ، بار خردکننده و حباب ها میشود. روابطی که می توانند تشکیل شوند بر اساس نیروهای عکس العملی، مصرف انرژی، سایش و شکست می باشند. در حال حاضر در شبیه سازی سه بعدی با چند پردازنده با قدرت متوسط تا بالا در یک محدوده زمانی مناسب می توان رفتار بیش از یک میلیون ذره را پیش بینی کرد. به کمک این روش جزئیات کافی را جهت نمایش شبیه سازی واقعی از درون یک آسیای بزرگ نیمه خودشکن سه بعدی (3D)-SAG می توان مشاهده نمود. با این روش برای اولین بار در تاریخ طراحی تجهیزات و مدارهای فرآوری مواد معدنی فرصتی ایجاد شد تا آنچه را که درون دستگاه ها اتفاق می افتد بتوان مشاهده نمود و همچنین این امکان به وجود آمد تا پیش از ساخت واقعی دستگاه ها، طرح دستگاه با استفاده از روش های آزمون و خطا بهینه سازی شود.

شبیه سازی CFD بر روی رفتار جریان پیوسته سیالات و پالپها که به شکل شبه مایع<sup>۳۰</sup> در نظر گرفته می شوند تاکید دارد. رابطه بنیادی که در این روش به کار می رود رابطه کامل ناویراستوکس<sup>۳۱</sup> به صورت رابطه ۲ است:

$$\rho \frac{dv}{dt} = -\nabla p + \nabla^2 v + \rho g + \left[ \frac{1}{1-\varepsilon} \right] f_i \quad (2)$$

در این رابطه آخرین عبارت، معرف برهم کنش ذره-مایع است که باعث مصرف انرژی می شود. اختلاف عمده روش های CFD با روش های دیگر مربوط به عمل متقابل بین ذره-مایع و وضعیت های سطح آزاد است که در این روش مدل سازی شده اند. امروزه یک شبیه سازی آسیا بصورت سه بعدی کامل و واقعی از حرکت ذرات و پالپ قابل دسترسی است. اصولاً زمان محاسبات برای شبیه سازی DEM با افزودن پالپ نسبت به ذرات تنها به دو برابر افزایش می یابد.

شبیه سازی های DGB بر اساس رفتار ذرات گسسته توسعه یافته اند. این روش مانند روش DEM کار می کند با این تفاوت که به بررسی فیزیک هر ذره به صورت جداگانه و انرژی کرنشی که می تواند ذخیره یا رها شود می پردازد. انرژی وارد شده بر هر ذره در طول مرز شکاف ها به کمک روابط انرژی انتشار یافته در شکاف ها نشان داده می شود. این روابط به صورت کلی، به شکل رابطه ۳ می باشند.

$$G = -\frac{1}{2t} \frac{\partial W}{\partial t} \quad (3)$$

در این رابطه  $W$  انرژی کرنش ذخیره شده در اطراف شکاف،  $a$  طول شکاف و  $t$  ضخامت شکاف است. برنامه های کامپیوتری برای شکاف ها با شکل و تعداد مختلف تهیه شده اند. به کمک یک برنامه کارآمد، شبیه سازی واقعی را از نحوه خرد شدن ذرات به شکل سه بعدی در مدت زمان ۱۴ تا ۴۸ ساعت می توان مشاهده نمود.

شبیه سازی PBM بر اساس ثابت ماندن کل یک نوع از ذرات در نتیجه فرآیندهای ناپیوسته و پیوسته بنا شده است. معادله ای که نشان دهنده ثابت ماندن تعداد ذرات است، به صورت رابطه ۴ می باشد.

$$\frac{\partial W}{\partial t} = D - B + \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_j} (v_j W) \quad (4)$$

که تعداد ذرات با یک خاصیت در یک محدوده ابعادی مشخص بر واحد حجم است.  $D$  و  $B$  نرخ حذف و تولید ذرات در یک محدوده ابعادی مشخص و  $V_j$  و  $X_j$  به ترتیب متغیرهای ویژگی های داخلی و فضایی و نرخ تغییر این متغیرها هستند. با این روش می توان متوسط رفتار ذره را دنبال کرد.

بحث بعدی این است که مدل های موازنه جمعیتی را با هر یک از روش های DEM، CFD، و DGB اعتبارسنجی نمود. این اعتبارسنجی راه حل مناسبی را برای رفع مشکلات افزایش مقیاس که پیچیده و غیرممکن به نظر می رسند با تبدیل آنها به مسائل مسیریابی ریاضی در مدت زمان قابل قبول، پیش روی ما قرار می دهد.

#### مراحل مختلف مدل سازی HFS

روش های HFS نسبت به روش های رایج دارای روابط بیشتری هستند، زیرا تعداد ابزار کنترلی لازم زیاد و متنوع بوده و لذا محاسبات به طور عمده گسترش می یابند. به هر حال عموماً مراحل کلی برای تهیه چنین ابزاری به ترتیب ذیل است:

۱- انجام آزمایش های تعیین خواص مواد، انتخاب روش های مناسب تعیین خواص مانند آزمایش های ضربهای شکست<sup>۳۲</sup>، آزمایش های ناپیوسته<sup>۳۳</sup>، آزمایش های نیمه صنعتی یا صنعتی<sup>۳۴</sup>، همچنین مقاومت سایشی که می تواند به کمک آزمایش های سایشی بنیادی<sup>۳۵</sup>، آزمایش های اندیس سایش<sup>۳۶</sup> یا آزمایش های مقیاس کامل تعیین شود.

۲- اجرای شبیه سازی دقت بالای آزمایش های تعیین خواص، اجرای HFS برای وضعیت های مختلف آزمایش.

۳- محاسبه پارامترهای مقیاس کوچک تا



خروجی مدل با خروجی آزمایشها هماهنگ شود.

- ۴- تعیین ابزار طراحی .
- ۵- یافتن بهترین طراحی .
- تنظیم پارامترهای طراحی .
- اجرای شبیه سازی PBM./DGB/CFD/DEM .
- کنترل اجرا .
- تکرار<sup>۳۷</sup> .

مرحله پنجم، عموماً طولانی ترین مرحله می باشد. واضح است که یکی از اهداف، کاهش تکرار است. یک نقطه شروع مناسب می تواند با انجام حدود یک یا دوبار تکرار نتیجه دلخواه را حاصل کند. در واقع کارهای اولیه ای که با HFS انجام شده بود برای دستگاه های خریدار بود. گسترش روش برای سایر تجهیزات فرآوری مواد معدنی نیز خیلی امیدوار کننده است. ساختار مدل و اعتبار آن باید برای فلو تاسیون، جدایش ثقیلی، جدایش مغناطیسی و غیره ابداع شود. مهمترین نکته در تهیه HFS برای این سیستم های پیچیده، وجود کامپیوترهای سرعت بالا و برنامه های کامپیوتری کارآمد است که برای طراحی الگوریتم های محاسباتی پیچیده با جستجوی کارآمد مورد نیاز است.

#### نتیجه گیری

کاربرد اصلی سه روش عمده شبیه سازی که بیان شد در مدارهای آسیاهای گلوله های است و تحقیقات برای ابداع مدل های دقیق برای سایر مسیرهای فرآوری مواد نیز ادامه دارد. همان طوری که مورد انتظار است در عمل هیچکدام از روش ها به تنهایی کلیه پاسخ ها را برآورد نمی کند، بنابراین ترکیب بعضی روش ها به صورت مناسب و کارآمد لازم است. علاوه بر این گرایش ها بیشتر به سمت توسعه و کاربرد مدل های واحد دقیق تر به جای استفاده از چندین مدل با دقت پایین می باشد. در طول سالهای اخیر، مدل هایی برای طراحی و شبیه سازی دستگاه ها ارائه شده اند. از جمله این مدلها که بر اساس مدلهای سطح بالای چندگانه فیزیکی تهیه شده اند، می توان به مدل DEM برای شناخت طرز عمل ذرات، مدل CFD برای جابجایی سیال، مدل DGB برای شکست ذرات جداگانه و مدل PBM برای شمارش کلی اجزا اشاره نمود. این مدلها به طور عمده برای شبیه سازی عملکرد دستگاه های سنگ شکنی، آسیاهای گردان و تجهیزات طبقه بندی به کار گرفته میشوند. در حال حاضر طراحی های متداول، با شبیه سازی های ساده آغاز شده و با روش های پیچیده پایان می یابند. کارهای تحقیقاتی برای توسعه مفاهیم و قابلیت های همه مسیرها و تجهیزات ادامه دارد.

در خاتمه با توجه به مطالب ذکر شده قبلی می توان نتیجه گرفت که:

- مدل باند همچنان برای طراحی اولیه و انتخاب تجهیزات کاربرد دارد.
- روش های PBM برای محاسبه موازنه مواد در مدار و اندازه گیری تحلیل حساسیت روش های مورد استفاده و متغیرهای طراحی کاربرد دارند.
- روش های HFS برای بسیار دقیقی بوده که علاوه بر تعیین عملکرد بهتر آسیاها، برای شناسایی مقاطع آسترها، ابعاد گلوله ها، سرعت و ... نیز کاربرد دارند.

#### بی نوشتها

- |   |  |
|---|--|
| مراجع   | 1.Expremental<br>2.Regression<br>3.Multivariate Statistics<br>4.Neural Networks<br>5.Black Box Models<br>6.Plitt<br>7.Fundamental<br>8.Discrete Element Methods<br>9.Computational Fluid Dynamic<br>10.Phenomenological<br>11.Calibration<br>12.Population Balance Moceliing<br>13.Quantitative Framework<br>14.Bond's Work Index<br>15.Rowlanes<br>16.Queensland<br>17.Utah<br>18.Pennsylvania State<br>19.Discrete Grain Breakage<br>20.British Columbia<br>21.Lynch<br>22.Information Technology<br>23.Content<br>24.Simulated Processing of Ore and Coal<br>25.King<br>26.Ford<br>27.Moore's Law<br>28.Mishra<br>29.Rajamani<br>30.Pesudo-Fluids<br>31.Navier Stokes<br>32.Breakage Impact Tests<br>33.Batch Tests<br>34.Pilot Tests or Full Scale Tests<br>35.Fundamental Wear Tests<br>36.Abrasion Index Tests Iterate |
| ۱- رضویان، سید محمد، (۱۳۸۲)، [آخرین یافته های تحقیقاتی در زمینه مدلسازی و شبیه سازی مسیرهای فرآوری مواد معدنی]، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران. |  |
| ۲- رضویان، سید محمد، (۱۳۸۴)، [شبیه سازی حالت پایدار مدارهای آسیاکردن در صفحه گسترده ها]، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران.                    |  |
| ۳- فرزادگان، اکبر، (۱۳۸۲)، [جزوه درسی مدلسازی و کنترل]، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران.   |  |

- معرفی نرم افزار
- معرفی سایت
- معرفی کتاب

*DataMine Software*  
*MineEngineer*  
*AutoCad Land Development*

# معرفی نرم افزار DATAMINE

جعفر خانی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
محمد سلسبیلی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه تهران

آماري به دست آمده از تحليل داده های چال ها و گمانه ها، خاک ها و رسوبات و... در اکتشافات ژئوشیمیایی، از جمله فعالیت های این بخش است. زمین آمار پیشرفته از جمله دیگر مباحث این قسمت است که شامل برآزش مدل واریوگرام از طریق کریجینگ نقطه ای، کریجینگ بلوکی و پانلی می باشد. در این فرآیند با برآزش مدلی کروی بوسیله موس یا صفحه کلید در صفحه گرافیکی، به کاربر این اجازه داده میشود تا از روی نمایش واریوگرام های تجربی، در یک محدوده وسیع از مدل ها و پارامترها، ترکیبی از ساختارهای درهم و ناهماهنگ را انتخاب کند. این مدل ها ممکن است بعداً به طور آماری به وسیله روش های اعتبارسنجی عرضی تصحیح شوند. روش های کریجینگ موجود شامل کریجینگ ساده، نرمال و لاگ نرمال است که روش اخیر از نقاط قوت این نرم افزار محسوب میشود.

## ۲- مدل سازی کانسار

نرم افزار Data mine توانایی زیادی برای تهیه مدل های بسیار قوی از کانسار دارد. این سیستم می تواند اغلب کانسارها را مدل گروه و ساختارهای زمین شناسی چون گسل ها، درزه ها، قطع شدگی ها، دایک ها و... را نیز در نظر بگیرد.

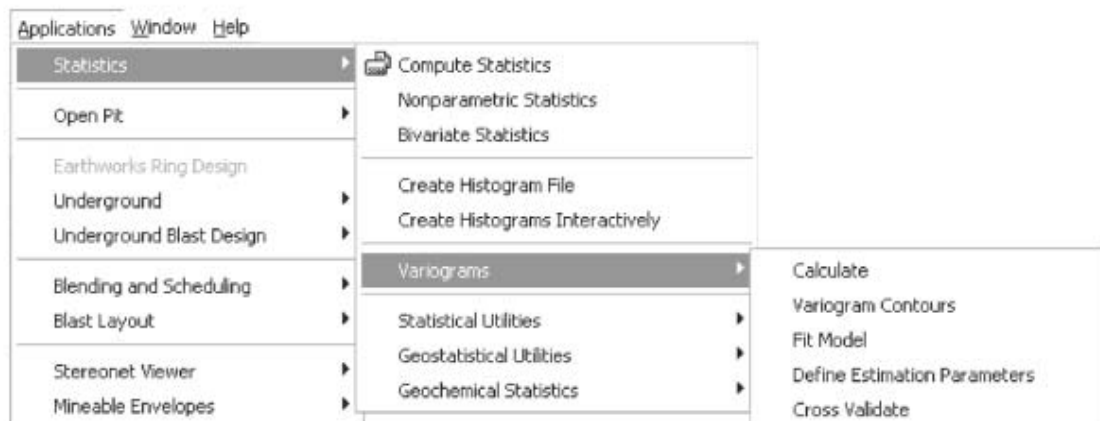
این نرم افزار قابلیت ایجاد دو نوع مدل بلوکی و مدل سیمی (Wireframe) را دارد. مدل سیمی بیشتر برای مدل کردن و نمایش سطح عوارض، توده کانسار، سطح معدن، بازکنندها (Openings) و

نرم افزار DATAMINE STUDIO محصولی از شرکت نرم افزاری MICL است. در این نرم افزار اطلاعات از طریق سیستم بانک اطلاعاتی به همراه رابط گرافیکی کامل و عملیات آماری مدیریت می شود. در تهیه اغلب نرم افزارهای معدنی زبان برنامه نویسی خاصی به کار برده می شود، اما در نرم افزار Data mine از روش چند زبانه در تهیه دستورات برنامه و ایجاد فرآیندها استفاده شده است که این عامل موجب افزایش زمینه های کاربردی آن نیز شده است. از بارزترین ویژگی های نرم افزار Data mine، قابلیت آن برای ارزیابی و برنامه ریزی محدوده وسیعی از مواد معدنی از جمله کانیهای صنعتی، فلزات پایه و عناصر کمیاب و گرانبها میباشد.

نرم افزار Data mine کاربردهای زیادی در زمینه های زمین شناسی، اکتشاف و استخراج شامل موضوعات زمین آمار، مدل سازی کانسار، تهیه طرح کوتاه مدت معادن روباز، نقشه برداری معدن، برنامه ریزی معدن و تصویر سازی متحرک به صورت سه بعدی دارد.

## ۱- اکتشاف و زمین آمار

فرآیندهای آماری دارای کاربردهای عملی در پروژه های اکتشافی میباشد. خودهمبستگی، همبستگی متقابل، تحلیل اجزای اصلی، تحلیل عوامل، تحلیل Canonical، تحلیل ترکیبی پراش، تحلیل ترکیبی مجزا، تحلیل mode-Cluster-R، mode-Q، mode-R و همچنین رسم هیستوگرام ها و نقشه های مختلف اکتشافی از اطلاعات



بسیار پیچیده و وقت‌گیری هستند که قابلیت انجام آنها در Data mine موجود است.

از توانایی‌های این قسمت می‌توان به ایجاد گذرگاه با استفاده از پارامترهایی از قبیل طول (افقی و یا قائم)، شیب مورد نظر، شعاع‌های مورد نیاز همراه با گرافیک دو بعدی و سه بعدی، ایجاد مقاطع عرضی و طراحی رینگ‌های چالهای انفجاری را اشاره کرد.

۵- دیگر قابلیت‌های نرم افزار Datamine استفاده از برنامه‌های بهینه‌سازی در طراحی

معادن روباز

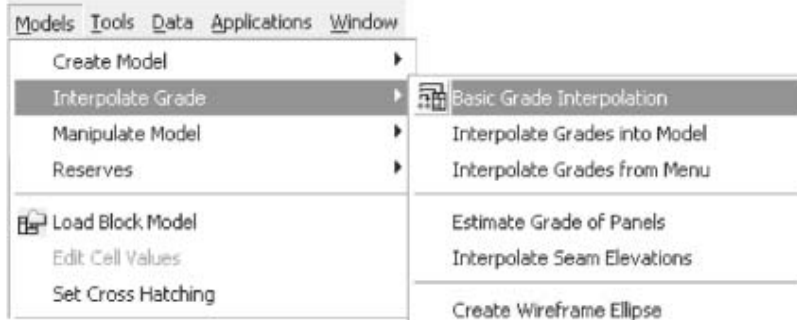
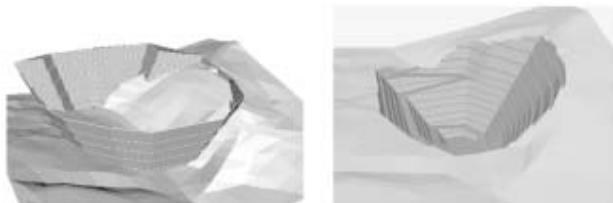
استفاده از برنامه‌های بهینه‌سازی سه و چهار بعدی به روش لرج - گروسمان و همچنین بهینه‌سازی توسط مخروط شناور از قابلیت‌های اصلی این نرم افزار است. البته برای انجام بهینه‌سازی باید از نرم افزارهای کمکی دیگری که توسط همین شرکت ارائه شده است مثل MAXIPIT و یا NPV Scheduler استفاده گردد.

تهیه طرح کوتاه مدت معادن روباز

برنامه‌ریزی کوتاه مدت معادن روباز، شامل دو فرآیند برای شکل چال‌های انفجاری و طراحی ترکیبی و ارزیابی محل یک انفجار می‌باشد. گرافیک مؤثری در هر نوع فرآیند برای الگوی انفجار بیان و کدهای رنگی جهت نمایش مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نقشه برداری معدن

نرم افزار Data mine قابلیت دریافت مستقیم داده‌های حاصل از نقشه برداری را دارد. پس از دریافت این اطلاعات، داده‌ها به مشخصات سه بعدی تبدیل می‌شوند. بنابراین می‌توان نقشه داده‌ها را نمایش داد و ویرایش کرد.



حفریات کاربرد دارد. این مدل‌ها از محتوای داخل این توده‌ها توصیفی ارائه نمی‌کنند. اما در صورت استفاده از مدل‌های بلوکی، این توانایی وجود دارد که عیار با استفاده از روش‌هایی مثل عکس توان، نزدیکترین فاصله (همسایه) یا زمین آمار درون‌یابی و تعیین شود. بنابراین mine Data برای هر نوع ذخیره، روش‌های مدل‌سازی مناسب را دارا است.

به طور کلی هر مدل بلوکی شامل سلول‌ها و زیرسلول‌ها (Sub cells) است و هر سلول با اشغال فضایی از کانسار، بخشی از مشخصات توده سنگ (کانسار) را توصیف می‌کند. در مدل بلوکی یک کانسار میلیون‌ها عدد از این سلول‌ها و زیر سلول‌ها ممکن است وجود داشته باشد. همچنین قابلیت تقسیم مجدد سلول‌ها موجب می‌شود عیارهای متنوع در کانسار به راحتی از یکدیگر جدا شوند و در محدوده کانسار، نحوه توزیع عیار بهتر مشخص شود. به طور کلی هر سلول ممکن است به هر تعداد دلخواهی سلول‌های ریزتر تقسیم شود. مدل‌های ایجاد شده می‌توانند ساختارهای زمین‌شناسی یا توزیع عیار و یا هر دو را با هم نمایش دهند. پس از تهیه مدل و اجرای دستور عیاردهی به سلول‌ها، ارزیابی ذخیره برای مدل می‌تواند انجام شود. همچنین قابلیت پردازش انواع بسیار مختلفی از داده‌ها در یک زمان وجود دارد. مدل‌های ایجاد شده به طور جداگانه می‌توانند با هم ترکیب شوند.

### ۳- طراحی معادن روباز

همچنین توانایی طراحی معادن روباز نیز در Data mine وجود دارد. این ابزار امکان تعریف و طراحی محیط را با استفاده از زاویه شیب و عرض پله ایمنی در نظر گرفته شده در مدل بلوکی، می‌دهد. روش دیگر کنترل شیب و عرض جاده‌ها، استفاده از نمودار گل سرخی (Rosette) است. با استفاده از این دستور، زوایای شیب پله‌ها به وسیله موقعیت، سمت و جهت آن‌ها نمایش داده می‌شوند. در این طراحی، قابلیت بیان محدوده ماده معدنی بر روی هر پله وجود دارد. همچنین پله‌ها می‌توانند دارای ارتفاع متفاوت در یک سطح باشند. به عبارت دیگر لزومی ندارد یک پله، مسطح و دارای ارتفاع ثابتی باشد.

به دلیل متغیر بودن شاخص‌های کاربردی در زمینه طراحی معادن روباز، همواره نیاز به ابزاری که با توجه به شاخص‌های مختلف، طراحی را در مدت زمان کوتاهی انجام دهد احساس می‌شود تا با مقایسه طرح‌های حاصل، بهترین آن‌ها انتخاب شود. علاوه بر این، گاهی لازم است در طرح‌های ارائه شده، تغییراتی به وجود بیاید که این کار نیازمند صرف وقت زیاد و طراحی مجدد و یا اصلاح طرح قبلی است. نرم افزار mine Data با دارا بودن قابلیت تغییر پذیری ارتفاع پله‌ها، امکان تغییر شیب پله‌ها، تولید رمپ‌ها و تغییر در عرض آن‌ها یکی از موثرترین و کاربردی‌ترین نرم افزارها در زمینه طراحی معادن روباز به شمار می‌رود.

### ۴- طراحی معادن زیرزمینی

طراحی معادن زیرزمینی نیز یکی از فعالیت‌های دشوار در بحث معادن به شمار می‌رود. ایجاد کارگاه‌های استخراج، پلان‌های مختلف، نقشه گسل‌ها، پلان‌های توزیع عیار، نحوه گسترش کانسار و ... موارد

# معرفی کتاب

## AutoCAD Land Development

سامان شهراز، دانشجوی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر



کتاب Auto Cad Land Development، Civil Design در ۴۲۴ صفحه و دو بخش به توضیح و آموزش این دو نرم افزار می پردازد. بخش اول کتاب در ۱۰ فصل به آموزش Auto Cad Land اختصاص دارد که شامل آموزش مراحل تولید یک پروژه جدید، ایجاد نقاط و تنظیمات مربوط به نقاط، منحنی ها، مسیرها، سطوح، منحنی میزان ها، احجام و دستورات کاربردی دیگر می باشد. در بخش دوم این کتاب نرم افزار Autodesk Civil Design 2i در ۴ فصل آموزش داده شده است. نرم افزار Civil Design زیرمجموعه ای از نرم افزار Auto Cad Land می باشد که مواردی از قبیل طراحی و محاسبات راه، محاسبات مهندسی یک سایت، طراحی های هیدرولوژی، هیدرولیک و آنالیزهای مربوط به آنها را پوشش می دهد.

همراه کتاب CD نرم افزار نیز وجود دارد که شامل مجموعه نرم افزارهای AUTO CAD است. نرم افزارLAND و Civil دو نرم افزار در زمینه مهندسی نقشه برداری (Surveying) و عمران می باشد. این نرم افزار، پیشرفته ترین، راحت ترین و البته پر حجم ترین، نرم افزار نقشه برداری موجود در جهان است که توسط شرکت Autodesk آمریکا تولید شده است. این نرم افزار جایگزین خوبی برای نرم افزارهای قدیمی تر یعنی SDRMAP و Surfer می باشد.

پروژه های که در این دو نرم افزار می سازید شامل دو بخش است:

۱) بانک اطلاعات پروژه Project  
۲) ترسیم Drawing، اطلاعات نقاط برداشت شده در بانک اطلاعات پروژه ذخیره می شوند و محتویات بانک نیز در ترسیم قابل مشاهده است. این دو نرم افزار شامل هزاران دستوراند که عملیات محاسباتی و ترسیمی گوناگون را قابل اجرا می سازد. از مهمترین عملیاتی که می توان بر روی اطلاعات خام انجام داد عبارتند از:

- ۱- تولید مسیرها از خطوط، منحنی ها و قوس های اتصال.
- ۲- تولید و ویرایش منحنی میزانها.
- ۳- محاسبات شیب های سطوح.
- ۴- محاسبه احجام عملیات خاکی با سه متد.
- ۵- گزارش گیری پیشرفته از تمام اشیا.
- ۶- طراحی خط پروژه طولی روی پروفیل طولی.
- ۷- تولید پروفیل های عرضی و طولی و ترسیم منحنی بروکتر.
- ۸- طراحی سازه های آبی.
- ۹- تولید خروجی های پیشرفته برای پیاده کردن مختصات به وسیله توتال استیشن ها.



# معرفی سایت

MineEngineer.com

پکتا داودی، دانشجوی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
سید امیر رضوی، دانشجوی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

در باب اهمیت معدن و معدن کاری باید گفت اگر معدن کاری و فرآوری، مواد و ترکیبات مورد نیاز ما را آماده نمی کرد ما در زندگی روزمره با مشکل مواجه می شدیم. به گونه ای که تمامی صنایع اصلی و مادر توان تهیه مواد خام و مورد احتیاج خود را نداشتند. به عنوان مثال صنعت فولاد و ساختمان مواد اولیه مورد نیاز خود مانند سیمان و آهن را برای همیشه از دست می دادند. در این شماره به معرفی سایتی می پردازیم که اطلاعات متنوعی راجع به معدن کاری، کانی ها، ذغالسنگ، فرآوری ماده معدنی، تولید ذغال سنگ، وسایل مورد استفاده در معدن کاری و صنایع موجود در تولید و فرآوری مواد معدنی و غیره در اختیار علاقه مندان قرار می دهد.

سایت [www.mine-engineer.com](http://www.mine-engineer.com) با آدرس [www.mine-engineer.com](http://www.mine-engineer.com) یکی از جالب ترین و تاحدی پر محتوی ترین سایت ها در زمینه صنعت معدن و صنایع وابسته به آن می باشد این سایت با ظاهر ساده خود به شما این امکان را می دهد تا هر چه سریعتر به اطلاعات مورد نیاز خود دسترسی یابید. اکنون به شرح کامل تری از سایت مذکور می پردازیم:

## لینک (۱) Mining Info

این بخش، در واقع دسترسی کلی به اطلاعات سایت را شامل می شود و می توان گفت خود یک منو برای سایت است که شامل لینک هایی از قبیل اخبار مربوط به مس، طلا و...، لینک های مربوط به سایت های معدنی، موضوعات معدنی، متدهای قدیمی و جدید استخراج طلا، استخراج روباز، اطلاعات مربوط به کانیها و عکس های آنها، داستان هایی راجع به معدن و زندگی معدنی، معدن کاری در کالیفرنیا، دیکشنری معدنی، آینده معدنکاری و... است. در واقع می توان گفت این لینک صفحات مختلف سایت را به گونه ای متفاوت از منوی اصلی دسته بندی کرده است.

## لینک (۲) Minerals

در این بخش در مورد کانی ها و ویژگی های مختلف آنها و... توضیحاتی وجود دارد، بدین صورت که عنوان کانی های مختلف آورده شده و با کلیک بر روی هر کدام میتوان اطلاعاتی در مورد کانی به دست آورده و عکسهای مختلفی از آن را مشاهده کرد. این لینک، خود شامل زیر مجموعه های زیر می باشد:

### Mineral Institute (۱)

این لینک به سایت [www.mii.org](http://www.mii.org) ارجاع داده شده است که در مورد تأثیر کانی ها بر بخش های مختلف بدن توضیحاتی می دهد.

### Mineral Specemin Info Site (۲)

در این بخش که مربوط به سایت [www.galleries.com](http://www.galleries.com) است، میتوان اطلاعات مختلفی از کانی ها را به همراه عکس های متعدد پیدا کرد. این قسمت امکان جستجوی کانیهای مورد نظرتان را نیز فراهم کرده است.

### Find The Minerals (۳)

در این لینک از سایت در مورد تأثیر کانیها در زندگی مثالی آورده است و با نمایش این مثال اهمیت آنها را در زندگی نشان داده است.

## لینک (۳) Coal

این صفحه مربوط به ذغال سنگ است. در این لینک میتوان اطلاعاتی متنوع راجع به ذغال سنگ پیدا کرد. اطلاعاتی مثل معادن و معدن کاری در زیرزمین یا به صورت روباز، فرآوری ذغال سنگ و احیای آن، طراحی معدن، تجهیزات مربوط به خردکردن و ساییدن سنگ معدنی که در مورد هر کدام به طور مجزا همراه با عکس توضیح داده شده است، همچنین لینک به سایتهای مرتبط با ذغالسنگ، استفاده دوباره از ذغال سنگ و اخبار مربوط به ذغال سنگ در این قسمت وجود دارد.

## لینک (۴) Mineral Processing

این صفحه مربوط به فرآوری مواد معدنی است و در مورد فرآوری در بخشهای مختلف آن و در مورد مواد معدنی مختلف از جمله طلا، مس، نیکل و... به طور مجزا و به همراه تجهیزات آن توضیح می دهد. شما با کلیک روی هر کدام از موارد گفته شده می توانید اطلاعات زیادی درباره فرآوری مواد معدنی کسب کنید.

## لینک (۵) Commodity \$\$

این قسمت، در مورد قیمت کالاها و اجناس معدنی اطلاعات جامعی را به شما می دهد، به این صورت که میتوان قیمتهای مواد معدنی مختلف مثلا مس، نیکل، روی و تغییرات آن را در بازارهای جهانی و با تعیین زمان آن مثلاً طی یک هفته، یک ماه، یک سال و سه سال با جزئیات مشاهده کرد. اطلاعات این بخش به شکل آمارهایی بسیار مفید و متنوع درباره مواد معدنی است.

## لینک (۶) Your House

این بخش برای نشان دادن اهمیت مواد معدنی در زندگی روزمره خانه ای را مثال زده است که در آن کانی ها و سنگ های مختلف به کار گرفته شده اند.

#### لینک ۷) Mining Movies

در این قسمت، فیلم های مختلفی در زمینه معدن کاری، به خصوص در مورد طلا، در مناطق مختلف قرار دارد. به عنوان مثال معدن طلای واقع در جنوب آفریقا، اکتشاف طلا، مس و ... که با کلیک بر روی هر کدام از آنها میتوان فیلم مورد نظر را پس از download، مشاهده نمود.

#### لینک ۸) Links

این بخش، شامل لینک های مختلفی از سایت متنوع موجود در زمینه معدن می باشد که موضوعات مختلفی را در بر می گیرد. در این قسمت لینک های مربوط به شرکت های معدنی هم آورده شده است که با استفاده از آنها می توان با شرکت های مختلف، اعم از مهندسی مشاور، تجهیزات معدنی، فرآوری و ... آشنایی پیدا کرد.

#### لینک ۹) Need Mining

در این بخش به اهمیت وجود معدن از جنبه های مختلف، مانند به کارگیری نیروی انسانی و در نتیجه ایجاد اشتغال، تولید مواد معدنی، موارد استفاده از آنها در زندگی روزمره به عنوان مثال استفاده از انواع کانیها در ساختن کامپیوتر و غیره اشاره می شود.

#### لینک ۱۰) Mining Articles

در این بخش می توان داستان های مختلف و جذابی را جمع به معدن کاری مطالعه کرد، داستان هایی مانند جستجوی طلا در آلاسکا، داستانی درباره معدن چارلز مانسون، چگونه یک معدن کوچک بسازیم و غیره.

#### لینک ۱۱) Earthquakes

از آنجایی که این سایت آمریکایی بوده و در کالیفرنیا طراحی شده است، طراحان آن در این بخش لینکی درباره زلزله ای که در کالیفرنیا رخ داد و عکس های آن ایجاد کرده اند.

#### لینک ۱۲) Career Info

این صفحه در زمینه شغل یابی است و فرصت های شغلی در معادن مختلف سراسر جهان به عنوان مثال استرالیا را بیان می کند. اگر به دنبال شغل می گردید، می توانید شانس خود را با کلیک روی هر کدام از مواردی مثل، فرصت های شغلی در امریکا یا استرالیا، کار در ارتباط با جمع آوری اطلاعات معدنی، شغل های معدنی و ... امتحان کنید!

#### لینک ۱۳) SoCal Mining Section

این بخش درباره معدنی در جنوب کالیفرنیا است، همچنین در این قسمت مسئولین این معدن معرفی شده اند.

#### لینک ۱۴) Equipment for Sale

در این بخش فهرستی از تجهیزات معدنی مورد نیاز وجود دارد که با کلیک بر روی هر کدام می توان ویژگی های تجهیزات مربوط به آن کار مثلا سنگ شکنی را دید. البته لازم به ذکر است که این قسمت مربوط به خرید و فروش این تجهیزات نیز میباشد که توسط شرکت هایی که در این سایت تبلیغ کرده اند انجام می شود.

#### لینک ۱۵) Search Internet

این لینک برای شما امکان جستجو در صفحات سایت و اینترنت را فراهم کرده است.

#### لینک ۱۶) Site Publisher

این لینک اطلاعات مختصری درباره طراح سایت، انگیزه ایجاد سایت و ... را در بر می گیرد.

#### لینک ۱۷) Gold Info Prices

این بخش به تحلیل جایگاه طلا در زندگی و همچنین بازارهای جهانی به عنوان یک عنصر با ارزش و تجاری می پردازد و درباره قیمت های مختلف و روند تغییرات آن همچنین علل این تغییرات بحث می کند. به علاوه در این قسمت می توان نموداری از تغییرات قیمت طلا در محدوده سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۴ را مشاهده کرد.

در بخشی از این سایت صفحه ای با عنوان Top Ten Pages وجود دارد که در آن ۱۰ بخش از با اهمیت ترین قسمت های سایت معرفی می شود که به قرار زیر هستند:

- ۱- اطلاعاتی در رابطه با سیمان و راه های مختلف فرآوری مواد خام برای تولید سیمان.
- ۲- اطلاعات مربوط به تجهیزات معدنی و چگونگی کار با آنها.
- ۳- تفسیر قیمت های مواد و فاکتورهای مالی مرتبط با معدن.
- ۴- اطلاعات و راهنمایی های مربوط به معدن کاری.
- ۵- دانستی های کانی ها.
- ۶- اطلاعات معادن مس و معدن کاری در آنها.
- ۷- همه چیز درباره ذغال سنگ.
- ۸- اطلاعات مرتبط با فرآوری کانی ها و سنگ های معدنی.
- ۹- آموخته ها و روش های استخراج روباز.
- ۱۰- چرا معدن کاری لازم و مهم است؟

و در نهایت شما می توانید در بخش contact us، در صفحه اصلی هرگونه پیغام یا سؤالی که دارید را برای صاحبان سایت بفرستید و از این طریق با آنها در ارتباط باشید.

به طور کلی این سایت مرجع مناسبی برای تحقیق و پژوهش درباره معادن مختلف و به طور کلی معدن کاری، اکتشاف و استخراج می باشد و مراجعه به آن پیشنهاد می شود.

میدان گازی پارس جنوبی، یکی از بزرگترین منابع گازی مستقل جهان است که بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر در خلیج فارس قرار دارد و یکی از اصلی ترین منابع انرژی کشور به شمار می آید.

مساحت این میدان ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که سهم متعلق به ایران ۳۷۰۰ کیلومتر وسعت دارد. ذخیره گاز این بخش از میدان ۱۸ تریلیون متر مکعب گاز به همراه ۱۸ میلیارد بشکه میعانات گازی است که حدود ۸ درصد، از کل گاز دنیا و نزدیک به نیمی از ذخایر گاز کشور را شامل می شود. هم اکنون برنامه ریزی های دقیق و کارشناسانه ای به منظور توسعه ۲۲ فاز برای تولید ۷۰۰ میلیون متر مکعب گاز در روز از این میدان صورت گرفته است. توسعه میدان گازی پارس جنوبی به منظور تامین تقاضای رو به رشد گاز طبیعی، تزریق به میادین نفتی، صادرات گاز و میعانات گازی به عنوان خوراک پتروشیمی صورت می پذیرد. بدین ترتیب بنادر عسلویه و تمبک در ۲۷۰ و ۲۲۰ کیلومتری جنوب شرقی بوشهر به عنوان منطقه ساحلی برای ایجاد تاسیسات خشکی و توسعه مرحله های این میدان انتخاب شده اند.

با توجه به اینکه این منطقه در مرز استان هرمزگان و بوشهر و در مرکز سواحل خلیج فارس، نزدیکترین نقطه به میدان گازی پارس جنوبی می باشد، دارای وضعیت سوق الجیشی خاصی است که می تواند مبنای جذب و نگهداشت سرمایه در منطقه باشد.

منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در سال ۱۳۷۷ به منظور ایجاد تاسیسات پالایشگاهی و انجام فعالیت های گوناگون پایین دستی و بالادستی صنعت نفت و گاز و پتروشیمی و همچنین انجام عملیات پشتیبانی و خدماتی به موجب مصوبه هیئت وزیران تاسیس گردید. این منطقه از غرب به روستای شیرنو، از جنوب به خلیج فارس، از شمال به دامنه سلسله جبال زاگرس و از شرق به روستای چاه مبارک محدود می شود.

توسعه میدان گازی پارس جنوبی با توجه به عظمت طرح ها و نیاز به فضای بیشتر در آینده نه چندان دور در سه منطقه به شرح ذیل انجام می گیرد:

۱. سایت یک واقع در عسلویه و نخل تقی.
  ۲. سایت دو واقع در تمبک و اختر، این منطقه در ۶۰ کیلومتری عسلویه به طرف کنگان واقع است.
  ۳. سایت سه واقع در بندر مقام و نخیلو، این منطقه در ۱۲۰ کیلومتری از شرق عسلویه و در استان هرمزگان واقع است. درجه نسبی هوا در این مناطق بین ۵ تا ۵۰ درجه و رطوبت نسبی هوا بین ۵۹ تا ۸۸ درصد متغیر است.
- لایه های نفتی میدان گازی پارس جنوبی  
طرح توسعه و بهره برداری از لایه های نفتی میدان گازی پارس جنوبی که مشترک با کشور قطر می باشد به منظور بهره برداری از نفت این میدان در دو مرحله صورت می گیرد.

#### اهداف فازهای ۲۲ گانه:

##### فاز ۱

برداشت روزانه ۲۸ میلیون متر مکعب گاز طبیعی،  
۴۰ هزار بشکه میعانات گازی.  
تولید روزانه ۲۰۰ تن گوگرد.

##### فاز ۲ و ۳

تولید روزانه ۵۶ متر مکعب گاز از مخزن،  
۸۰ هزار بشکه میعانات گازی.  
تولید روزانه ۴۰۰ تن گوگرد.

##### فاز ۴ و ۵

تولید ۵۶ میلیون متر مکعب گاز،  
تولید سالیانه ۱ میلیون تن اتان خوراک پتروشیمی،  
تولید سالیانه ۱ میلیون و ۵۰ هزار تن گاز مایع پروپان و بوتان  
برای صادرات.

##### فاز ۶ و ۷ و ۸

تولید روزانه ۱۰۴ میلیون تن گاز ترش و خشک،  
تولید روزانه ۱۵۵ هزار بشکه میعانات گازی،  
تولید سالیانه ۱/۶ میلیون تن گاز مایع جهت  
صادرات.

شیرین سازی گاز این فازها و تزریق  
در میادین نفتی.

##### فاز ۹ و ۱۰

تولید روزانه ۵۶ میلیون  
متر مکعب گاز طبیعی.

تولید روزانه ۸۰

هزار بشکه میعانات

گازی.



تولید سالیانه یک میلیون تن اتان.  
تولید سالیانه یک میلیون و ۵۰ هزار تن گاز مایع پروپان و بوتان.

فاز ۱۱

تأمین گاز ترش مورد نیاز واحد PARS LNG  
تولید گاز از میدان پارس جنوبی به میزان ۲۰۰۰ میلیون فوت مکعب.  
۱۹۰۰ میلیون فوت مکعب گاز ترش جهت خوراک واحدهای LNG.  
استحصال میعانات گازی سنگین به میزان ۷۰ هزار بشکه در روز.

فاز ۱۲

تحویل روزانه حداکثر ۱۹۴۰ میلیون فوت مکعب گاز ترش و مرطوب NIOC LNG  
تولید روزانه ۸۸۵ میلیون فوت مکعب گاز طبیعی جهت تزریق به IGT6 (خط لوله ششم گاز کشور).

فاز ۱۳ و ۱۳

تأمین گاز ترش مورد نیاز واحد PERSIAN LNG  
تولید گاز از میدان پارس جنوبی به میزان ۳۰۰۰ میلیون فوت.

فاز ۱۴

تأمین روزانه ۵۰ میلیون متر مکعب گاز تصفیه شده برای شبکه مصارف داخلی.  
بازیافت سالیانه حداقل یک میلیون تن گاز متان قابل مصرف در صنایع پتروشیمیایی.  
بازیافت سالیانه حداقل ۱/۰۵ میلیون تن گاز مایع مرغوب جهت صادرات.  
تولید روزانه ۸۰۰۰۰ بشکه میعانات گازی تثبیت و گوگردزایی شده جهت صادرات.

فازهای ۱۵ و ۱۶

تولید روزانه ۵۰ میلیون متر مکعب گاز طبیعی.  
تولید روزانه ۸۰ هزار بشکه میعانات گازی.  
تولید سالیانه یک میلیون تن گاز مایع LPG.  
تولید سالیانه یک میلیون تن اتان به منظور تأمین خوراک واحدهای پتروشیمی.  
تولید روزانه ۴۰۰ تن گوگرد.

فازهای ۱۷ و ۱۸ تولید روزانه:

۵۰ میلیون متر مکعب گاز طبیعی.

۸۰ هزار بشکه میعانات گازی.

۴۰۰ تن گوگرد.

یک میلیون تن اتان.

۱/۰۵ میلیون تن گاز مایع LPG (پروپان و بوتان).

فازهای ۱۹ و ۲۰ فازهای ۲۱ و ۲۲

تأمین روزانه ۱۰۰ میلیون متر مکعب گاز تصفیه شده جهت شبکه مصارف داخلی.

بازیافت سالیانه حداقل ۲ میلیون تن گاز اتان قابل مصرف در صنایع پتروشیمی.

بازیافت سالیانه حداقل ۲/۱ میلیون تن گاز مایع مرغوب جهت صادرات.

تولید روزانه ۱۶۰۰۰۰ بشکه میعانات گازی تثبیت و گوگردزایی شده جهت صادرات.

بازیافت روزانه ۱۰۰۰ تن گوگرد جهت صادرات.

# پارس جنوب میدان گازی

امیر جمعی فرد، دانشجوی کارشناسی مهندسی استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
عماد جمعی فرد، دانشجوی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

# کاربرد در معادن مکانیزه

## TELLTATE

علی عزیزی، دانشجوی کارشناسی مهندسی استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

از آنجا که امروزه عمده سیستم نگهداری را در معادن مکانیزه، راکبوت تشکیل می دهد؛ نیاز به طرح و برنامه ای که به وسیله آن بتوان از تغییرات و جابجایی سقف در حفاریات معدنی مطلع شد کاملاً احساس می گردد. در واقع ضعف در بی اطلاعی از رفتار زمین در اعماق را می توان عامل اصلی ایجاد برنامه ها و تجهیزات سنجش جابجایی زمین دانست.

از آنجا که در معدنکاری مدرن، انجام عملیات پیشروی و استخراج ماده معدنی به معنای اتمام فعالیت معدنکاری محسوب نمی شود، عملیاتی نیز به موازات فعالیتهای اصلی استخراج در معادن صورت می گیرد تا علاوه بر استخراج مواد معدنی، سایر مولفه ها و پارامترهای مرتبط با آن نیز به نوعی حاصل گردد. یکی از این عملیات که مرتبط با نگهداری تونلهای معدنی است، رفتارنگاری [Monitoring] فضای حفاریه معدنی است که پس از انجام عملیات نصب سیستم نگهداری راکبوت در معادن به دلایل زیر صورت می پذیرد تا از این منظر صحت انجام نگهداری و سلامت پرسنل معدن تامین گردد.

۱- از طریق آن اطلاعات لازم در مورد تاثیر سیستم نگهداری در لایه های فوقانی سقف فراهم می آید.

۲- اطلاعات کافی برای طراحی سیستم نگهداری سقف در مراحل بعدی فراهم می آید.

۳- امکان اصلاح و تطبیق سیستم نگهداری در شرایط معدنکاری متفاوت نیز حاصل می گردد.

اگر به هر یک از فرهنگنامه های عمومی زبان انگلیسی مراجعه کنیم خواهیم دید که عبارت [Telltate] در آن زبان به معنای [سخن چین] و یا [خبرکش] تعبیر شده است که هر

دوی این اصطلاحات به کسی و یا چیزی اطلاق می گردد که اطلاعات محرمانه و دور از انتظار دیگران را فاش نماید. اما [Telltate] در اصطلاح کاربردی در مهندسی مکانیک سنگ به وسیله ای گفته می شود که پس از نصب سیستم نگهداری راکبوت، برای رفتارنگاری میزان تغییرات سقف و احیاناً جابجایی های روی داده در آن بکار برده می شود.

[Telltate] در چاه هایی با ابعاد متفاوت و با اقطار اسمی ۲۷ تا ۵۵ میلی متر نصب می گردد. برای نصب لازم است فواصل آنها حداکثر ۲۰ متر از یکدیگر بوده و در مرکز سقف تونلها و تقاطع ها نصب گردند تا وضعیت یکسانی را از سقف و تغییرات لایه های فوقانی آن گزارش دهند.

همچنین لازم است که طول آنها دو برابر طول راکبولتهای بکار رفته در تونل بوده و در مناطقی که امکان تعلیق و یا بی ثباتی در سقف وجود دارد برای حصول نتایج کافی از سیستم نگهداری بکار روند.

از جمله نکاتی که در نصب [Telltate] قابل توجه است عبارتند از:

۱- حداقل طول آن دو برابر طول راکبولتهای نصب شده باشد.

۲- فاصله نصب آنها از یکدیگر بیش از ۲۰ متر نباشد.

۳- نصب در تقاطعها

برای اطلاع از چگونگی روش قرائت [Telltate] لازم به ذکر است که بخش پائینی آن که در خارج چال قرار دارد و در سقف تونل توسط ناظر مربوطه قابل رویت است از دو استوانه هم مرکز تشکیل شده است که هر یک از آنها معرف و بیانگر تغییرات بخشی از لایه های فوقانی سقف می باشند.

طول استوانه ها به سه قسمت سبز، زرد و

قرمز رنگ تقسیم شده است که هر یک از این سه رنگ تا عدد ۲۰ میلی متر مدرج شده اند. این اعداد جابجایی لایه ها را در بخش مربوط به خود نشان می دهد. لازم به ذکر است استوانه خارجی A مربوط به تغییرات لایه ها در اواسط چال (هم ارتفاع با نوک راکبولتها) و استوانه داخلی B مربوط به تغییرات لایه ها در انتهای چال (مافوق ارتفاع راکبوت) می باشند.

با جابجایی لایه های فوقانی سقف، گیرنده های [Telltate] که در درون چال نصب شده اند نیز تغییر ارتفاع می دهند. گیرنده ها توسط سیمهای رابطی به لوله مرجع متصل اند و تغییر ارتفاع آنها منجر به حرکت لوله مرجع به سمت پایین و پوشانیدن سطح استوانه ها می گردد و بدین طریق رنگ قابل رویت استوانه ها در سقف تونل از سبز به زرد و در نهایت به قرمز تغییر خواهد کرد. علاوه بر تغییر رنگ امکان اندازه گیری دقیق میزان جابجایی نیز توسط درجه بندی روی استوانه ها امکان پذیر می باشد. بدین طریق ناظر مستقر در تونل از جابجایی اتفاق افتاده در سقف تونل و میزان دقیق آن مطلع می گردد.

قرار گرفتن استوانه ها در حالت سبز نشانه عادی بودن شرایط است که نیاز به اقدام خاصی نداشته و تنها باید رفتارنگاری ادامه یابد.

حالت زرد نیازمند بررسی ارتفاع جابجایی می باشد. جابجایی در استوانه A (جابجایی در وسط چال)، با افزایش تراکم سیستم نگهداری چوبهای ایستاده (wood legs) و جابجایی در استوانه B با کاربرد راکبولتهایی با طول بلندتر کنترل می شود. حالت قرمز نشانه بروز خطر ریزش می باشد که لازم است با صدور دستور سریع ترک پرسنل از منطقه خطر، وضعیت پیش آمده بررسی شود و نگهداری های مناسب مانند چوب منقلی (fibrecrete) استفاده شود.



## دانشگاه صنعتی امیرکبیر

در تاریخ ۲۸ شهریورماه ۱۳۸۵ مجمع عمومی جامعه فارغ التحصیلان دانشگاه صنعتی امیرکبیر در محل دانشگاه برگزار شد. این مراسم با برگزاری انتخابات چهارمین دوره هیات امنای جامعه همراه بود. در این روز نزدیک به ۱۵۰۰ نفر از فارغ التحصیلان در دانشگاه حضور بهم رساندند که سهم دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت از دانش‌آموختگان خود ۱۷۰ نفر بود. حضور این تعداد از فارغ التحصیلان در فضای دانشکده، دیدار آنها پس از سالها با یکدیگر، گرفتن عکسهای یادگاری و نقل خاطرات دوران دانشجویی حال و هوای خاصی را ایجاد کرده بود.

جامعه فارغ التحصیلان دانشگاه صنعتی امیرکبیر، پس از انقلاب اسلامی فعالیت مجدد خود را در سال ۱۳۷۴ آغاز نمود و تاکنون هیات امنای جامعه سه دوره حیات خود را پشت سر گذاشته است. در دوره چهارم در تعداد اعضای هیات امنای تغییراتی صورت گرفت و از ۳۶ نفر به ۵۰ نفر افزایش یافت که سهم دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت از این افزایش ۲ نفر بود. به عبارت دیگر در دوره چهارم هیات امنای دانشکده تعداد ۳ نفر عضو اصلی و ۱ نفر عضو علی البدل خواهد داشت.

پس از اعلام نتایج انتخابات هیات امنای به ترتیب آقایان سید رضا دلبری، محمد مهدی سالاری راد و امید اصغری حائز اکثریت آرا شده و به عنوان اعضای اصلی و آقای اصغر نقاش نیز به عنوان عضو علی البدل، برگزیده شدند.

حضور ۱۷۰ نفر از فارغ التحصیلان و برگزاری شایسته انتخابات در سطح دانشکده نتیجه زحمات مدیریت دانشکده، اعضای دوره سوم هیات امنای دانشکده و همچنین جمعی از دانشجویان فعال دانشکده بود که با همکاری انجمن علمی معدن حاصل شد. افزایش سهمیه هیات امنای دانشکده را به فال نیک گرفته و برای اعضای جدید آرزوی توفیق داریم.

نشریه علمی - تخصصی بلور



# کاربرد روش فرکتالی عیار محیط

برای جداسازی ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی از زمینه

مهدی احدی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت  
اردشیر هزارخانی، دانشیار دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت  
یوسف قنبری، کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن، سازمان انرژی اتمی  
حمید یاسی پور نهرانی، دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت

## چکیده

نقشه‌های ژئوشیمیایی توسط داده‌های بدست آمده از نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای روشی قدرتمند و ارزان برای تشخیص مناطق امیدبخش کانی‌سازی می‌باشد، اما جداسازی مناطق ناهنجار از زمینه همیشه سخت و دشوار بوده است. در اینگونه مطالعات روش‌های آماری و ریاضی برای جداسازی مناطق ناهنجار از زمینه بکار گرفته می‌شود. اگرچه این روش‌ها نقاط قوت و ضعف خاص خود را دارند اما در کل موقعیت فضائی نمونه‌ها و فرم هندسی ناهنجاری را در نظر نمی‌گیرند در صورتیکه این پارامترها بسیار مهم و تعیین‌کننده می‌باشند. یکی از روش‌هایی که موقعیت فضائی نمونه‌ها را در نظر می‌گیرد روش فرکتال می‌باشد. روش فرکتال روشی بسیار مناسب و مفید برای تشخیص و جداسازی الگوهای متفاوت توزیع عناصر که رفتار فرکتالی دارند می‌باشد. این مقاله مقدمه‌ای بر مدل محیط-مساحت و مدل عیار-محیط روش فرکتال را بیان می‌کند و در قالب یک مطالعه موردی داده‌های نمونه برداری رسوبات آبراهه‌ای برگه ۱:۵۰۰۰۰ شیرین‌کندر را مورد بررسی قرار می‌دهد. برای این مطالعه ۱۸۰ نمونه از رسوبات آبراهه‌ای جمع‌آوری شد و این نمونه‌ها برای ۲۳ عنصر مورد آنالیز قرار گرفت و برای ۷ عنصر توسط روش‌های آمار کلاسیک و روش فرکتالی عیار-محیط حد آستانه و ناهنجاری‌ها مشخص گردید. اما شایان ذکر است که ناهنجاری‌هایی که با روش فرکتالی مشخص گردید، با توجه به کنترل‌های زمینی و بررسی‌های تکمیلی از اعتبار بیشتری برخوردار بودند.

## مقدمه

جدایش ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی یک مورد بسیار مهم و مورد توجه در اکتشافات ژئوشیمیایی بوده و در مقالات متعدد، چندین روش برای اجرای درست آن پیشنهاد شده است. در اینگونه مطالعات روش‌های آماری و ریاضی برای جداسازی مناطق ناهنجار از زمینه بکار گرفته می‌شود. اگرچه این روش‌ها نقاط قوت و ضعف خاص خود را دارند اما در کل موقعیت فضائی نمونه‌ها و فرم هندسی ناهنجاری را در نظر نمی‌گیرند، در صورتیکه

انتخاب یک روش خاص برای تعیین ناهنجاری‌ها این سوال را بر میانگیزاند که آیا این روش را بصورت مناسب می‌توان برای هر نوع موقعیتی اعمال کرد از طرف دیگر هیچ تضمینی وجود ندارد که این نتایج برای وضعیت زمین‌شناسی تحت بررسی معنی‌دار هستند یا خیر. هیچ یک از روش‌های شناخته شده، مستقل از دانش زمین‌شناسی نیستند، زیرا دانش زمین‌شناسی مهمترین منبع اطلاعاتی برای اعتبارسنجی هرگونه تفسیری از نتایج حاصله است. با توجه به مقالاتی که تاکنون راجع به

این پارامترها بسیار مهم و تعیین‌کننده می‌باشند. یکی از روش‌هایی که موقعیت فضائی نمونه‌ها را در نظر می‌گیرد روش فرکتال می‌باشد. این روش اخیراً توسط (cheng ۱۹۹۴) و همکاران بر این اساس که توزیع‌های ژئوشیمیایی در طبیعت حالت فرکتال دارند، ارائه شده است. روش فرکتال روشی بسیار مناسب و مفید برای تشخیص و جداسازی الگوهای متفاوت توزیع عناصر که رفتار فرکتالی دارند بوده و برای داده‌های ژئوشیمیایی مدل عیار-محیط بهترین مدل ارائه شده می‌باشد.

این موضوعات منتشر شده محققین در تصمیم گیری راجع به استفاده از یک روش خاص، با مشکل روبرو هستند.

مدل محیط- مساحت روش فرکتال برای اثبات رفتار فرکتالی توزیع عناصر

در استفاده از مدل سازیهای فرکتالی برای جدایش ناهنجاری ها فرض بر این است که توزیع کانی سازی و ناهنجاری دارای بعد فرکتالی متفاوتی نسبت به زمینه است. لذا چنانچه کانی سازی در منطقه وجود داشته باشد، این فرض در بررسی بعد فرکتال توزیع عناصر خود را نشان می دهد. البته در ابتدا باید اثبات کرد که توزیع عنصر مورد نظر دارای رفتار فرکتالی است. برای اثبات این امر در ابتدا باید دانست که آیا رابطه فرکتالی بین محیط - مساحت الگوی ژئوشیمیایی مورد نظر از روابط مطرح شده در این بخش پیروی می کند یا خیر؟

برای مجموعه ای از اشکال فرکتالی رابطه زیر بین محیط و محیط برای اولین بار در سال ۱۹۸۳ توسط مندلبورت ارائه گردید:

$$L_{(\delta)} = C\delta^{(1-D)}\sqrt{A(\delta)^D} \quad (1)$$

این رابطه به عنوان یک رابطه کاربردی در فیزیک، شیمی و دیگر زمینه های علوم طبیعی کاربرد پیدا میکند. این رابطه در زمینه های مختلف از جمله محیط و محیط عوارض ژئوشیمیایی توسط بولویکن در سال ۱۹۹۲ به کار گرفته شده است. رابطه ساده شده زیر بر اساس تئوری فرکتال ها توسط لوجری و شرز، در سال ۱۹۹۱ استخراج شده است:

$$L_{(\delta)} = C\delta^{(1-\epsilon T)}\sqrt{A_{(\delta)}^{\epsilon T}} \quad (2)$$

در رابطه فوق:

$$\epsilon T = 2D_{(PT)} / D_{(ST)} \quad (3)$$

که در آن بعدهای فرکتالی برای محیط و مساحت مجموعهای هستند که مقدار آن از حد آستانه T بیشتر است.

این رابطه برای مقیاس، و به صورت توانی زیر ساده می شود:

$$L_{(\delta)} = C_0 A_{(\delta)}^{\epsilon T / 2} \quad (4)$$

می توان نشان داد که رابطه فوق برای اندازه گیری های متفاوت از یک شکل ثابت مساوی است. بعد به وسیله بعد فرکتال که از دو اندازه گیری متفاوت به دست می آید، حاصل می شود. به این طریق می توان گروهی

از اشکال فرکتالی (مانند جزیره ها، عوارض طبیعی و اشکال سه بعدی) را با اندازه گیری محیط و مساحت و یا حجم شناسائی کرد.

بعد فرکتالی محیط و مساحت با و نشان داده می شود. وقتی از روش شمارش جعبه های با مقیاس استفاده می شود، محاسبه طول و محیط یک شکل هندسی در یک فضای دو بعدی به صورت زیر است:

$$L_{(\delta)} = L_0 \delta^{(1-D_L)} \quad (5)$$

$$A_{(\delta)} = A_0 \delta^{(2-D_A)} \quad (6)$$

بعد اشکال هندسی مشابه را می توان با اندازه گیری های متفاوت در مقیاس های مختلف به دست آورد و با استفاده از رابطه (۲) می توان رابطه زیر را نتیجه گرفت:

$$D_{AL} = 2 \frac{D_L}{D_A} \quad (7)$$

در رابطه فوق داریم:

$$\frac{Lj(\delta)}{Li(\delta)} = \left[ \frac{Aj(\delta)}{Ai(\delta)} \right]^{D_{AL}} \quad (8)$$

معادله بالا مستقل از مقدار مقیاس یا واحد اندازه گیری است. بعد از دو بعد از معادله اصلی حاصل می شود. از رابطه فوق می توان برای اثبات فرکتالی بودن رفتار یک شکل فرکتالی مانند توزیع شیمیایی یک عنصر و یا هر شکل فرکتالی دیگر استفاده کرد [۱].

مدل عیار- محیط روش فرکتال برای جدایش ناهنجاری های ژئوشیمیایی

چند روش برای تعیین و مشخص کردن ناهنجاری های ژئوشیمیایی وجود دارند که اکثر آنها از روش های آماری استفاده می کنند، ولی در این بحث کوتاه تمرکز اصلی روی مدل عیار- محیط روش فرکتال است. این روش همچنین علاوه بر تعیین ناهنجاری های ژئوشیمیایی، در نمایش ارتباط بین نتایج حاصله از اطلاعات زمین شناسی ژئوشیمیایی و کانی شناسی نیز کاربرد دارد. مهمترین قابلیت آن کاربرد آسان آن در محاسبه کمی حدود آستانه ناهنجاری ها است. این حدود آستانه های را می توان با سایر داده های کمی نظیر داده های آنالیز کل سنگ در صورت وجود مقایسه کرد.

مدل عیار- محیط که ابتدا توسط (۱۹۹۴) چنگ و همکاران پیشنهاد شده، بر یک سری از معادلات تجربی ساده استوار است. در این روش معادلات مدل تجربی مبین آنست که ناحیه مقادیر غلظتی کوچکتر یا مساوی با یک

حد آستانه ای از پیش تعیین شده را در خود احاطه کرده و از رابطه قانون توانی زیر تبعیت می کند:

$$p(\rho \leq v) \propto \rho^{-\alpha_1} \quad (9)$$

بالعکس برای نواحی با مقادیر غلظتی بیش از یک حد آستانه ای از پیش تعریف شده رابطه به صورت زیر در می آید:

$$p(\rho > v) \propto \rho^{-\alpha_2} \quad (10)$$

در معادلات (۹) و (۱۰) نشان دهنده نماهای مشخصه هستند. با استفاده از تئوری فرکتالی (Cheng ۱۹۹۴) و همکاران، معادلات قانون توانی مشابهی را ارائه کرده اند. بنابراین برای یک دامنه از مقادیر نزدیک به مقادیر مینیمم آن، رابطه قانون توانی چند فرکتالی پیش بینی شده به صورت زیر است:

$$p(\rho) = C_1 \rho^{-\alpha_1} \quad (11-الف)$$

$$p(T) - p(\rho) = c\rho^\beta \quad (11-ب)$$

که در آن P(T) ناحیه نمونه برداری شده کل CI، ثابتها و  $\alpha_1$ ،  $\beta$ ، نماهای همراه با نماهای منحصر بفرد ماکزیمم هستند. برای یک دامنه از مقادیر نزدیک به ماکزیمم آن، معادله زیر حاصل می شود:

$$p(\rho) = C_2 \rho^{-\alpha_2} \quad (11-ث)$$

که در آن یک ثابت و نمای همراه با پهنای منحصر به فرد ماکزیمم است بنابراین با فرض یک مدل فرکتالی، معادلات (۱۱-الف) و (۱۱-ث) با معادلات (۹) و (۱۰) هم ارز هستند و با رسم نمودار بر حسب مقادیر ثابت ها و نماها را میتوان به دست آورد. خط راست برازش شده بر نقاط داده های تجربی در = مطابق با مقدار حد آستانه ای ناحیه ناهنجاری می شوند.

نشان دادن اینکه داده ها از توزیع فرکتالی تبعیت می کنند، تنها بر روی ۲ عنصر در برگه شیرین کند صورت گرفته است. برای عناصر باقیمانده فرض بر وجود توزیع فرکتالی بوده است. به نظر می رسد که روش عیار- محیط به خوبی در تمام موارد کاربرد داشته است و لذا میتوان نتیجه گرفت که توزیع های ژئوشیمیایی خصوصیات یک اندازه گیری فرکتالی را ارضا کرده است. در حقیقت شواهدی از این که توزیع های ژئوشیمیایی حداقل به صورت تجربی فرکتالی هستند وجود دارد و بعضی از

شواهد از فرکتال بودن آن حکایت می کنند]۲

مطالعه موردی : برگه ۱:۵۰۰۰۰۰ شیرین کند

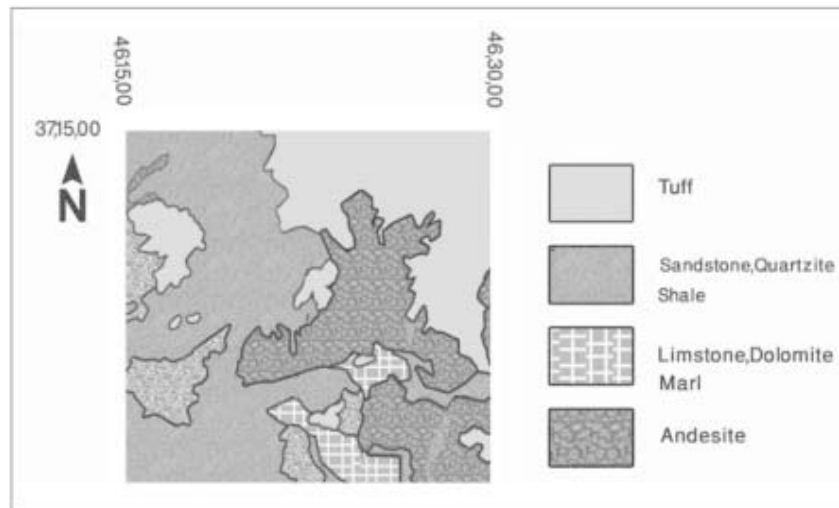
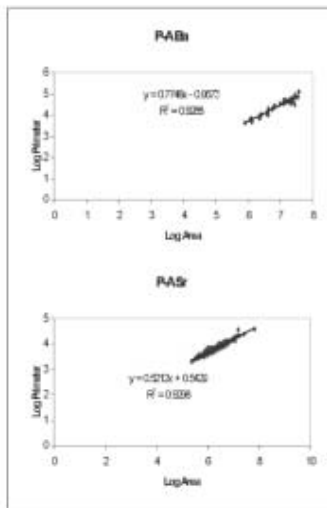
برگه شیرین کند یکی از چهار برگه ۱:۵۰۰۰۰۰ واقع در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ مراغه می باشد که در استان آذربایجان شرقی قرار

سنگ که حاوی فسیل های مهرهداران و رسوبات آبرفتی عهد حاضر می باشد[۳].

شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نمایش می دهد.

برای این مطالعه ۱۸۰ نمونه از رسوبات آبراهه ای جمع آوری شد و این نمونهها برای ۲۳ عنصر مورد آنالیز قرار گرفت و توسط

لگاریتمی محیط- مساحت برای عناصر Sr, Ba مورد بررسی رسم گردید. شکل ۲ نمودار تمام لگاریتمی محیط- مساحت برای عناصر Sr, Ba را نشان می دهد. همان طور که در نمودارها مشاهده می شود مقدار ضریب همبستگی خط برازش شده بسیار به یک نزدیک است لازم به ذکر است کلیه خطوط برازش شده از روش



دارد. منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی برگه مراغه و بین طول های تا شرقی و عرض های تا شمالی واقع می باشد.

#### سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه:

از نظر جنس و سن سنگ های واقع در برگه شیرین کند، سازندهای زیر مشاهده میشود: سازند سلطانیه با سنگ شناسی دولومیت و شیل به سن اینفراکامبرین سازند باروت با سنگ شناسی شیل قرمز تا ارغوانی و دولومیت به سن اینفراکامبرین سازند میلا با سنگ شناسی ماسه سنگ، شیل و دولومیت آهکی به سن کامبرین سازند دوران با سنگ شناسی ماسه سنگ، شیل و کوارتزتیت به سن پرکامبرین سازند الیکا با سنگ شناسی دولومیت به همراه میان لایه های نازک آهکی به سن تریاس سازند شمشک با سنگ شناسی شیل، ماسه سنگ و عدسی های زغال و لاتریت به سن ژوراسیک

سازند دلیچای با سنگ شناسی مارن و مارن آهکی با افق های آمونیت به سن ژوراسیک سنگ های مربوط به کرتاسه با جنس مارن خاکستری، آهک، شیل، ماسهسنگ، سنگ های آذرین بازیگ و آهک اریتولیندار که با روند شمالی - جنوبی گسترده شده است. سازند کرج با سنگ شناسی توف خاکستری و آندزیت که در قسمت شرق و مرکز برگه شیرین کند با سن اتوسن گسترش دارد. سازند مراغه با سنگ شناسی توف و گل

روش آمار کلاسیک و مدل عیار- محیط روش فرکتال حد آستانه و ناهنجاری ها برای ۷ عنصر مشخص گردید.

#### بحث

#### تحلیل اولیه آماری

در این تحلیل آماری از داده های ۷ عنصر استفاده شد قبل از انجام تحلیل آماری باید نرمال بودن توزیع متغیرها امتحان شود زیرا روش های آمار کلاسیک و به توزیع غیر نرمال دادهها حساس هستند. لذا برای استفاده از این روش باید توزیع دادهها به توزیع نرمال تبدیل شود زیرا دادههای ژئوشیمیایی ناحیه ای عملاً توزیع غیر نرمال دارند. برای تبدیل توزیع غیرنرمال عناصر به توزیع نرمال از تبدیل لگاریتمی و تبدیل کاکس- پاکس استفاده شد. مسئله بعدی وجود داده های خارج از ردیف بود که توسط روش دورفل جایگزین شدند. پس از تصحیح داده ها مقادیر و برای داده های نرمال شده به دست آمد که معرف حد آستانه ای و بالاتر از آن به عنوان ناهنجاری ممکن و مقادیر بالاتر از به عنوان ناهنجاری احتمالی معرفی شدند[۴].

اثبات رفتار فرکتالی توزیع عناصر توسط مدل محیط- مساحت روش فرکتال روی داده های برگه شیرین کند

پس از مشخص شدن حوضه آبریز هر نمونه بر روی نقشه منطقه، محیط و مساحت حوضه آبریز هر نمونه با استفاده از نرم افزار- ۲۰۰۷ Autodesk Map 3D بدست آمد و نمودار تمام

کمترین مربعات با استفاده از برنامه Excel رسم شده است.

پس از اینکه با استفاده از روابط و نمودارهای فوق اثبات شد شکل توزیع عناصر رفتار فرکتالی دارد حد آستانه برای هر عنصر با استفاده از مدل عیار- محیط تعیین شد.

تعیین کردن حد آستانه توسط مدل عیار- محیط روش فرکتال

دادههای تخمین شبکههای زده شده کلاسه بندی شد و نمودار تمام لگاریتمی عیار- محیط برای عناصر رسم گردید. با توجه به اینکه از طریق هندسه فرکتال می توان جوامع مختلف را با در نظر گرفتن اختلاف در بعد آنها از یکدیگر جدا کرد، با رسم این نمودارها میتوان بعدهای مختلف موجود در محیط را که همان جوامع مختلف می باشند از یکدیگر جدا ساخت. براساس نمودارهای رسم شده جوامع مختلف از هم جدا شدند و حد آستانه مربوط به جوامع ناهنجار عناصر که از طریق روش فرکتال و آمار کلاسیک به دست آمده بودند در جدول ۱ آورده شده است که از این طریق می توان مقایسه ای بین روش های کلاسیک و فرکتالی به عمل آورد.

در توزیع های فرکتالی جوامع مختلف داده در نمودار تمام لگاریتمی به جای قرارگیری در یک راستا به صورت منحنی (طیف مولتی فرکتالی) دیده می شوند ناهنجاری های ژئوشیمیایی و زمینه به طور معمول از توزیع های نمایی مختلفی تبعیت می کنند لذا باعث ایجاد

نمودی مولتی فرکتالی می شوند] ۵].

نمودارهای اینچنینی نه تنها فراوانی مربوط به داده های ورودی (عیار عناصر مختلف) را نشان میدهند، بلکه مشخصات فضایی و هندسی منعکس شده توزیع را نیز مشخص می نمایند. چنانچه در هر نمودار ملاحظه گردید عیار محیطی با عیارهای بزرگتر از یک رابطه نمایی را نشان میدهد. بدین معنی که با افزایش عیار محیط کم می شود که این نشانگر کاهش محیط از سمت زمینه به سمت مناطق ناهنجار می باشد. اگر سطح ژئوشیمیایی فرکتال باشد، یک رابطه خطی مستقیم منفرد ظاهر میشود (مونوفرکتال). در حالی که برای سطوح مولتی فرکتالی مقادیر داده روی چندین خط مستقیم خواهد افتاد. شکستها بین قطعات مستقیم روی این نمودارها و مقادیر متناظرشان به عنوان عیار حد برای جدایش مقادیر ژئوشیمیایی به اجزای مختلفی که ارائه کننده فاکتورهای موثر مختلفی نظیر تفکیک لیتولوژیکی و فرایندهای ژئوشیمیایی (مثل کانی سازی و هوازدگی سطحی) می باشند استفاده می شود. لازم به ذکر است که در نمودارهای زیر شکست اول معرف جدایش جوامع زمینه محلی و زمینه ناحیه ای است و شکست دوم معرف حد آستانه و شکست سوم معرف آنومالی می باشد] ۶].

#### نتیجه گیری

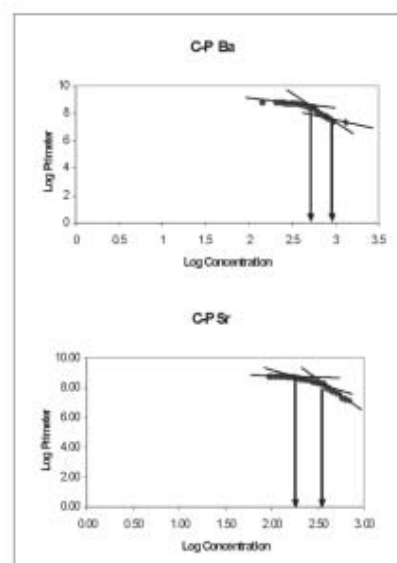
در تعیین ناهنجاری ها و ارائه نقشه معرف پتانسیل های معدنی، دو روش قابل استفاده که به ترتیب آمار کلاسیک و فرکتالی می باشند، هر کدام بیانگر نتایج قابل توجهی هستند. روش آمار کلاسیک یک روش قدیمی می باشد و چندین سال است که از آن برای تهیه نقشه های ناهنجاری استفاده می شود. تفسیر و پردازش این روش تنها بر اساس مقادیر غلظت و عیار داده های برداشت شده می باشد و احتمال می رود بعضی از محدوده های معرف شده توسط این روش به عنوان ناهنجاری کاذب باشند. روش دوم مورد استفاده، روش فرکتالی است که به لحاظ در نظر گرفتن موقعیت فضایی دادهها بر اساس مدل عیار- محیط می تواند نتایج بهتری را مخصوصاً برای کانسارهای پراکندهای که توزیع و پراکندگی آنها پیچیده می باشد، ارائه دهد. ضمناً روش های فرکتالی با وجود تغییرات معنادار در زمینه قادر خواهد بود تا مولفه های کانی سازی را به خوبی نمایان سازد.

#### تشکر و قدردانی

این تحقیق حمایت شده توسط سازمان انرژی اتمی می باشد. نویسنده کمال تشکر خود را از جناب آقای مهندس آشتیانی و جناب آقای دکتر معمار به خاطر در اختیار گذاشتن داده های این تحقیق دارد. همچنین نویسنده از خانم مهندس گلناز جوزانی کهن و آقای مهندس علیرضا احدی به خاطر رهنمودهای ارزشمندشان در مورد این تحقیق کمال تشکر را دارد.

#### منابع و مراجع

- [۱] Cheng, Q., Agterberg, F.P., Ballantyne, S.B., 1994. [The separation of geochemical anomalies from background by fractal method], *Journal of Geochemical Exploration*, 51, 109-130.
- [۲] Mario, A., Mareus, A., Oliveira, V., 2001. [Application of multifractal modeling], *Journal of Geochemical Exploration*, 72, 91-114.
- [۳] نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی منطقه مراغه، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- [۴] Rantitsch, G., 2004. [statistical modeling of polypopulational data distributions], *Journal of Geochemical Exploration*, 82, 79-95.
- [۵] Changjang Li, Tuhua Ma, Junfa Shi, 2003. [Application of fractal method relating concentration and distances for separation of geochemical anomalies from background], *Journal of Geochemical Exploration*, 77, 91-114.
- [۶] Stanley, C.R., Sinclair, A.J., 1989. [gap statistics in the selection of threshold for exploration geochemistry data], *Journal of Geochemical Exploration*, 32, 355-357.
- ma@cic.aut.ac.ir - Email: Pourya-۱



## فرم اشتراک مجله بلور

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

زمینه فعالیت:  
نام خانوادگی:  
شغل:  
مبلغ واریز شده:  
کد پستی:  
فاکس:

تاریخ:

خواهشمند است هنگام ارسال فرم اشتراک به مطالب زیر توجه نمایید:

- جهت اشتراک دو شماره مجله بلور می‌توانید مبلغ ۱۰۰۰۰ ریال (با احتساب هزینه پستی) به صورت علی‌الحساب به حساب سپرده شماره ۱/ ۸۶۲۷۱۶ بانک ملت شعبه کالج، باجه دانشگاه صنعتی امیرکبیر به نام آقایان علی عزیزی و بهروز عباسی واریز نموده و اصل فیش بانکی را به همراه فرم تکمیل شده بالا به نشانی زیر ارسال نمایید.
- خواهشمند است از فرستادن وجه نقد خودداری فرمایید.
- در صورت مفقود شدن وجه ارسالی این مجله هیچ مسئولیتی نخواهد داشت. به تقاضاهایی که آدرس کامل نداشته و یا بدون فیش بانکی بوده باشند، ترتیب اثر داده نخواهد شد.
- روی پاکت، موضوع مکاتبه و شماره فیش بانکی را درج نمایید.

## اطلاعیه

مجله «بلور» از همکاری کلیه اساتید، کارشناسان و دانشجویان عزیز در انتشار شماره آینده استقبال می‌نماید و آماده دریافت مقالات و نتایج دستاوردهای تحقیقاتی در زمینه مهندسی معدن و نفت می‌باشد. لذا توجه علاقمندان به ارسال مقالات را به نکات زیر جلب می‌نماید:

۱. «بلور» در رد یا قبول، تلخیص و اصلاح مقاله‌های رسیده آزاد است.
۲. مقالات و مطالب ارسالی حتی‌الامکان تایپ شده و یا با خط خوانا در یک طرف کاغذ نوشته شده باشد.
۳. عنوان مقاله، تاریخ ارسال، نام و نام خانوادگی، سمت علمی و رشته تحصیلی، نشانی کامل و شماره تلفن نویسنده باید در صفحه نخست مطلب ارسالی درج شده باشد.
۴. مقالات ارسالی باید شامل چکیده‌ای حداکثر در ۱۵۰ کلمه باشند. ضمناً درج فهرست منابع و مآخذ الزامی است.
۵. ارسال اصل منبع مقاله ترجمه شده و یا یک کپی خوانا از آن ضروری است.
۶. مقالات ارسال شده به هیچ وجه مسترد نخواهد شد.
۷. «بلور» هیچ گونه مسئولیت تائید مطالب مندرج در مقالات را برعهده نخواهد داشت.

آدرس: خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر،  
دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، طبقه همکف، دفتر نشریه بلور

تلفکس: ۶۴۵۴۲۹۴۲

magazine@yahoo.com-mail: bolur-E

Site: www.bolur.com