فصلنامه علمی، تخصصی مهندسی معدن
دانشجویان دانشگاه صنعتی امیرکبیر
تیراژ: ۱۰۰۰ قیمت: ۲۰۰۰ تومان
بلور، سال هفدهم، شماره ۳۳، پاییز ۹۲

صاحب امتیاز:
انجمن علمی مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر
مدیر مسئول:
مصطفی سلیمی
سردبیر:
مهندس مهدی قاسمی
مشاوران علمی:
دکتر اردشیر هزارخانی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، دکتر پرویز معارف‌وند (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، مهندس مرضیه شادمان خاکستر (دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، مهندس روح‌الله اشتری، مهندس محمود تابش، مهندس حامد یزدیانی
هیات تحریریه:
مهندس علی ابوالقاسم اصفهانی، مهندس امیر حبیب‌نیا، مهندس فرخ شفیعی، مهندس احمدرضا مشهدی، احسان آزادی، خدیجه امام‌یاری، عاصف دوامی، مریم غضنفری، شایان محجوبی، فاطمه نصیری، ، سامان نقی‌خانی
امور مالی:
حمیدرضا میرزاحسینی
مسئول ارتباط با صنعت:
مهندس میلاد کاظمی، احسان آزادی
مسئول روابط عمومی:
آیدا میرحیدری
تبلیغات:
سید میعاد سادات، نیلوفر صیادی
سایت:
شایان محجوبی
همکاران این شماره:
مهندس مهسا متقی، سید علیرضا حجازی، محمدامین آخوندی، آزاده بیات، المیرا روان‌آسا، ترانه رودپیما، نیلوفر طاهری، امین کیانی، نگین نوادی
طرح روی جلد:
مهندس مهدی وزیرزاده
صفحه‌آرا :
محمد کشاورز

- **نشـــریه در ویـــرایش، گـــزینش عنـــوان اصـــلی و انتخاب عکس آزاد است.**
- **مطالـــب، مقالـــه‌هـــا و عکـــس‌هـــای دریـــافتی مســـترد نخواهد شد.**
- **استفاده از مطالـب مجلـه بـا ذکـر ماخـذ آزاد اسـت.**

فهرست

سرمقاله.....۲
تلفیق لایه‌های ژئوشیمی، زمین‌شناسی و آلتراسیون جهت پتانسیل‌یابی مس در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر.....۳
اکسیداسیون کانسنگ مقاوم طلای زرشوران با استفاده از نیترات سرب.....۱۰
بررسی آزمون فیشر در جهت مقایسه دو جامعه سنگی پیروکسنیت و پریدوتیت.....۱۸
فرآیند توأمان هیدرومکانیکی حرکت جریان سیال در توده‌سنگ درزه‌دار..۲۷
معرفی روش میخ‌کوبی(nailing) در نگهداری گودهای شهری.....۳۴
بهینه‌سازی عملیات آتشباری با استفاده از روش تاگوچی.....۴۱
مصاحبه با مهندس احمدرضا مشهدی.....۴۷
معرفی کانی.....۴۹
معرفی کتاب.....۵۱
معرفی نرم‌افزار.....۵۲
معرفی کنفرانس.....۵۴
معرفی معدن.....۵۵
واژه نامه.....۵۷

خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، طبقه همکف، دفتر نشریه بلور
تلفکس: ۶۴۵۴۲۹۴۲
Website:www.blour.ir
Email: info@blour.ir

سرمقاله

بدون شک مهم‌ترین اتفاق پاییز گذشته در خاطره معدن، مذاکرات ژنو و توافقنامه حاصله بوده است. در ماهی که گذشت شاهد انواع موضعگیری‌های سیاسی در بازخورد به توافقات بوده‌ایم؛ هرچند واقعیت آن است که آنچه در نهایت رخ خواهد داد برای همگان در سایه موقعیت‌های ناشناخته آینده است، "پیش‌بینی" به عنوان فرآیند برآورد موقعیت‌های ناشناخته، یک پیش‌گویی در مورد رویدادهای آینده در اختیار خواهد گذاشت و می‌تواند تجارب گذشته را به پیش‌بینی حوادث آینده بدل سازد. هرچند این توافق تاریخی برای اولین بار برای ایران بعد از انقلاب اسلامی حادث شده اما شاید پیش بینی طبقه‌ای از مشکلات که بلاواسطه رفع خواهد شد به مرور تجربه نیاز نداشته باشد. اگر بخواهیم در این سخن با رویکرد صنعت معدن چشم اندازی ایده آل به این توافقات داشته باشیم سه موضوع قابل بررسی خواهد بود؛ وضعیت جدید سرمایه‌گذاری، دانش و تکنولوژی، رفع تحریم‌ها از صادرات و واردات.

بی شک برگشت حس امنیت جهت سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی شورانگیزترین اتفاقی است که در پی این تحولات خواهد افتاد؛ زیرا آنچه در سرمایه‌گذاری معدنی بالقوه بوده و هست ریسک پذیری بالای آن است که در این سرزمین که همیشه آبستن تغییر بوده، نوسانات قیمت و مسائل سیاسی و تحریم ها بسیار پررنگ‌تر از مسائل فنی ظاهر شده‌اند؛ لذا در این صنعت، به عنوان بزرگترین منبع شارش پول پس از صنایع نفت و پتروشیمی رفع تحریم مواد معدنی، امکان تهیه تجهیزات حمل و نقل و فرآوری و امکان همکاری با شرکت های بین المللی به امنیتی نسبی ختم خواهد شد و افزایش سرمایه‌گذاری از موجبات توسعه آرمانی است. چنان‌که برطرف شدن تحریم محصولات پتروشیمی و مشکل انتقال درآمدهای نفتی کشور در نهایت سبب ارتقای کیفیت خدمات مجموعه‌های اعتباری از قبیل صنعت بیمه معادن، صندوق توسعه ملی، صندوق اعتبارات بانک صنعت و معدن می‌شود که این مهم مشکل تأمین اعتبارات را برای بخش خصوصی در واحدهای اکتشافی استخراجی و فرآوری حل می‌کند.

اتفاق خوش آیند دیگر امکان تبادل دانش‌های جدید استخراج و فرآوری و اکتشاف مخصوصا معدنکاری تیپ‌های معدنی غیرمرسوم است که این امکان توجه سرمایه‌گذاران را به مواد معدنی غیرفلزی و فلزی غیرآهنی معطوف خواهد کرد چنان‌که از ارتقای دانش فرآوری موجب تکمیل چرخه تولید مواد معدنی می‌شود و مانع خام فروشی خواهد شد.

تحریم واردات ماشین آلات و صادرات مواد معدنی نیز در صورت عمل به توافقات رفع خواهد شد که این خود آغازی خواهد بود برای بهره‌برداری کارآمد و اقتصاد معدنی سالم.

امید است با تدبیر، راه کارهای مناسب و بهبود شرایط موجود در فضای اقتصادی کشور به خصوص در بخش معدن، شاهد رونق بیش از پیش این حوزه که بخش قابل توجهی از اقتصاد کشور را اداره می‌کند باشیم.

مهدی قاسمی

تلفیق لایه‌های ژئوشیمی، زمین شناسی و آلتراسیون

جهت پتانسیل یابی مس در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر

محمد توسلی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران
(عهده دار مکاتبات Mohammad85_2000@yahoo.com)
دکتر قدرت‌الله محمدی، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

چکیده

در گام اول در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر از روی تصاویر ماهواره‌ای استر و ***ETM*** آلتراسیون‌های پتاسیک، آرژیلیک، فیلیک که فاکتورموثری در اکتشاف عناصرفلزی اند، استخراج و رقومی شده و بصورت یک لایه اطلاعاتی وارد ***GIS*** شد. داده‌های مربوط به نقشه زمین شناسی- واحدهای سنگ شناسی وگسل وخطواره‌ها رقومی گردیده و به همراه داده‌های ژئوشیمی وارد پایگاه داده‌های مکانی شده‌اند. درمرحله دوم با استفاده از پردازش داده‌ها وتهیه اطلاعات، شواهد مربوط به کانی زائی استخراج و درمرحله سوم تلفیق با استفاده از همپوشانی شاخص انجام شده ودرنهایت مناطق مستعد جهت کانی‌زائی مس مشخص گردیده است.

کلیدواژه‌ها : *GIS*، تلفیق ، آلتراسیون، مدل همپوشانی شاخص،ژئوشیمی

۱- مقدمه

ذخایر معدنی ازجمله ثروت‌های طبیعی هرکشور به شمار می‌رود که برنامه‌ریزی سازمان‌مند و جامع برای شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی پتانسیل‌های معدنی و ایجاد سرمایه-گذاری بخش خصوصی و دولتی را در این زمینه تقویت می-کند. مطالعات اکتشاف ذخایرمعدنی یک فعالیت چند مرحله‌ای است که درمقیاس کوچک آغاز و به مقیاس بزرگ تبدیل می‌شود. با تلفیق نتایج در هر مرحله، محدوده مورد مطالعه کوچکتر می‌شود و سرانجام به انتخاب محل‌هایی به عنوان هدف برای حفاری، به منظور دست‌یافتن به ذخایر معدنی پایان می‌پذیرد. (کریمی ۱۳۸۱)

داده‌های گردآوری شده از مطالعات توپوگرافی، زمین-شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و حفاری، حجم عظیمی از اطلاعات را به دست می‌دهند که تا وقتی به درستی سازماندهی و نمایش داده نشوند، نتایج مفید و قابل اطمینانی را نشان نمی‌دهند. درطول دهه ۸۰ باتوجه به پیشرفت‌های بدست آمده درزمینه سخت‌افزار و نرم‌افزار، سامانه اطلاعات جغرافیایی (**GIS**) تحول چشم‌گیری را در علوم زمین ایجاد کرد (Bonham-Carter et al. 1988).

سامانه اطلاعات جغرافیایی (**GIS**) دارای قابلیت‌های مختلفی ازجمله اخذ، ذخیره‌سازی، بازیابی، بهنگام‌سازی، پردازش، نمایش، کاربرد و تبادل اطلاعات مکان مرجع است. این تحقیق در نظر دارد تا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان بستر مناسب و تلفیق داده‌های موجود، مکان‌های مناسب جهت کانی‌زائی مس را با استفاده از مدل‌های همپوشانی شاخص مشخص نماید.

۲- محدوده مطالعاتی

۲-۱ موقعیت جغرافیایی و ژئومورفولوژی

ورقه یک صد هزارم اهر در شمال غرب کشور، شمال استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این ورقه بین عرض‌های جغرافیایی ' ۳۰ و °۳۸ تا °۳۸ شمالی و طول‌های جغرافیایی ' ۳۰°۴۷تا °۴۷ شرقی قرار دارد، بخشی از ورقه یک دویست و پنجاه هزارم اهر بوده و چهاربرگه یک پنجاه هزارم اهر، نقدوز، الان، هرسین را در خود جای داده است (مهرپرتو ۱۳۷۱).

کهن‌ترین سنگ‌های منطقه مورد مطالعه را مجموعه‌ای ازسنگ‌های آذرین خروجی و نفوذی (و مقادیر بسیار کمتر رخساره رسوبی) تشکیل می‌دهد.

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر(بنی آدم۱۳۸۷)

۲-۲ زمین‌شناسی عمومی

در این منطقه و در امتداد رودخانه اهرچای، سنگ‌های آتشفشانی ائوسن گنبدها وجریان‌های گدازه را بوجود می‌آورند. درپایین دست رودخانه گنبدهای داسیتی دیده می‌شوند، گدازه و توف‌های داسیتی گاهی کاملاً متامورف شده و هماتیتی هستند. در مسیر خلفلو – قزل‌قیه توف‌های داسیتی و در ساب‌آلکالن قزل قیه آندزیت‌های حفره‌دار مشاهده می‌شود. مقدار اوژیت و هورنبلند موجود در هر دو سنگ فوق کم است و دانه‌های مگنتیت به شکل کروی درسنگ قابل رویت است.

واحدهای سنگی شاخص منطقه عبارتند از: آندزیت بازالت، آندزیت پیروکسن‌دار، بازالت آندزیتی ، بیوتیت گرانیت، گرانودیوریت، آلکالی گرانیت، بیوتیت گرانیت (مهرپرتو۱۳۷۱).

۳- آماده‌سازی داده‌ها

داده‌های مورد استفاده به قرار زیر می‌باشد:

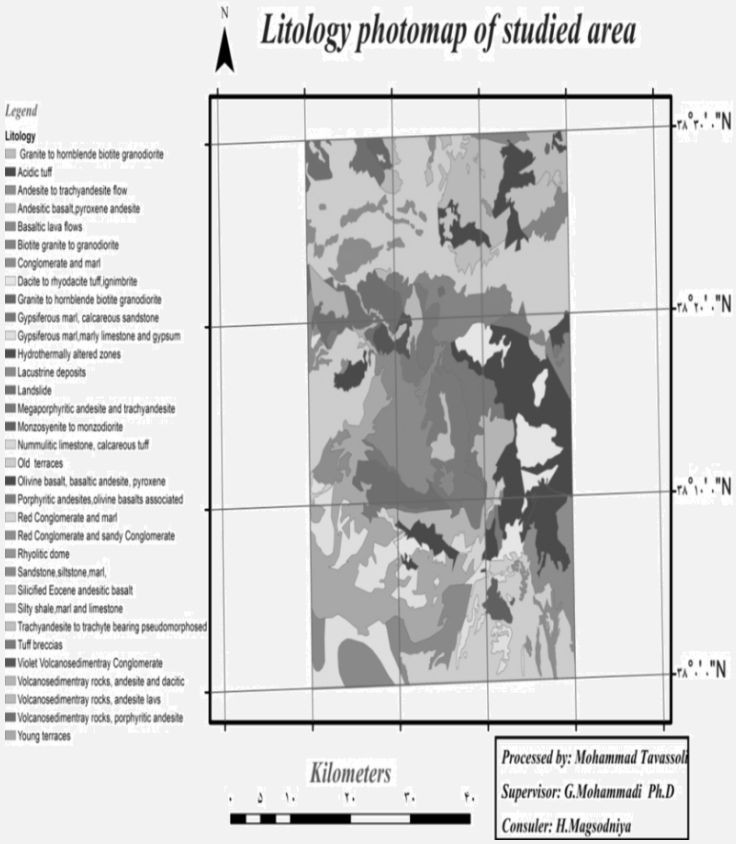
الف - نقشه زمین شناسی منطقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

ب - داده‌های ژئوشیمی اکتشافی

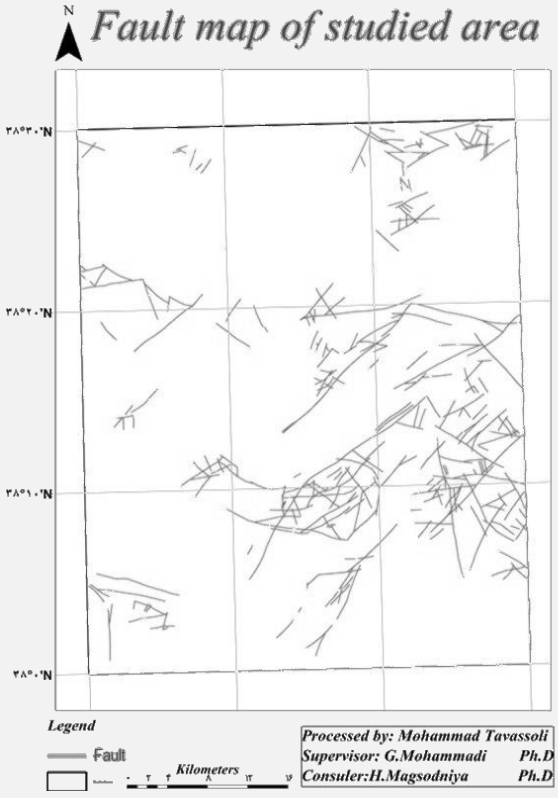
ج - داده‌های دورسنجی شامل داده‌های ماهواره‌ای استر و ETM 7+

د - داده‌های ساختاری منطقه

۳-۱ نقشه زمین‌شناسی



شکل ۲: نقشه رقومی شده واحدهای سنگی منطقه



شکل۳: نقشه رقومی شده گسل‌های منطقه

بخش عظیمی از این منطقه را سنگ‌های آتشفشانی مانند بازالت، آندزیت، تراکی‌آندزیت، گرانیت، پیروکسن آندزیت، ریوداسیت تشکیل داده‌اند (مهرپرتو۱۳۷۱) .

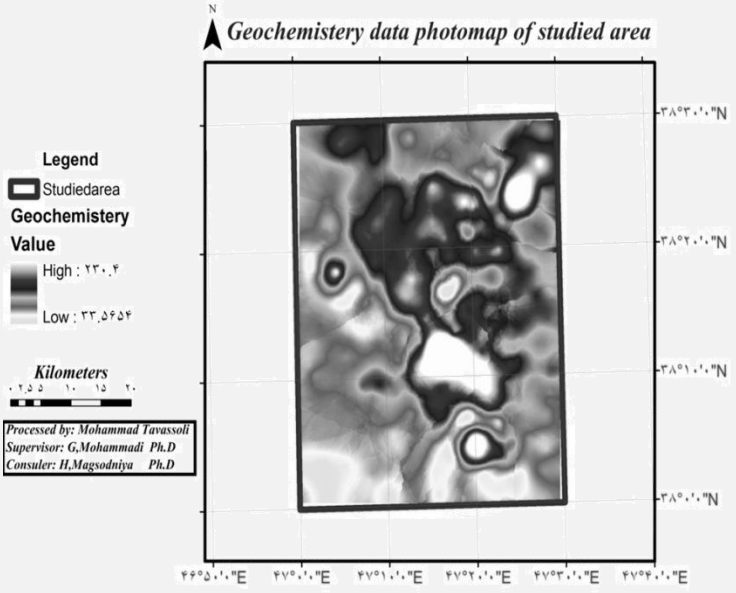
توده‌های نفوذی، گسل‌ها و خطواره‌های موجود در نقشه زمین‌شناسی توسط نرم‌افزار GIS رقومی شده و بصورت یک لایه اطلاعاتی جهت انجام عملیات تلفیق آماده شد. شکل ۲ نقشه رقومی شده واحدهای سنگی را به تصویر می‌کشد و در شکل ۳ نقشه رقومی شده گسل‌ها وخطواره‌ها را مشاهده می‌کنیم

۳-۲ داده‌های ژئوشیمیایی

داده‌های ژئوشیمی استفاده شده ، داده‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر می‌باشد که پس از وارد کردن داده‌ها در GIS توسط عملیات کریجینگ کل منطقه مقدار دهی شده و این لایه اطلاعاتی هم برای عملیات تلفیق آماده شد. شکل ۴ داده‌های ژئوشیمی را که توسط کریجینگ مقداردهی شده‌اند به نمایش می‌گذارد.

۳-۳ استخراج آلتراسیون‌ها با استفاده از تصاویر استر

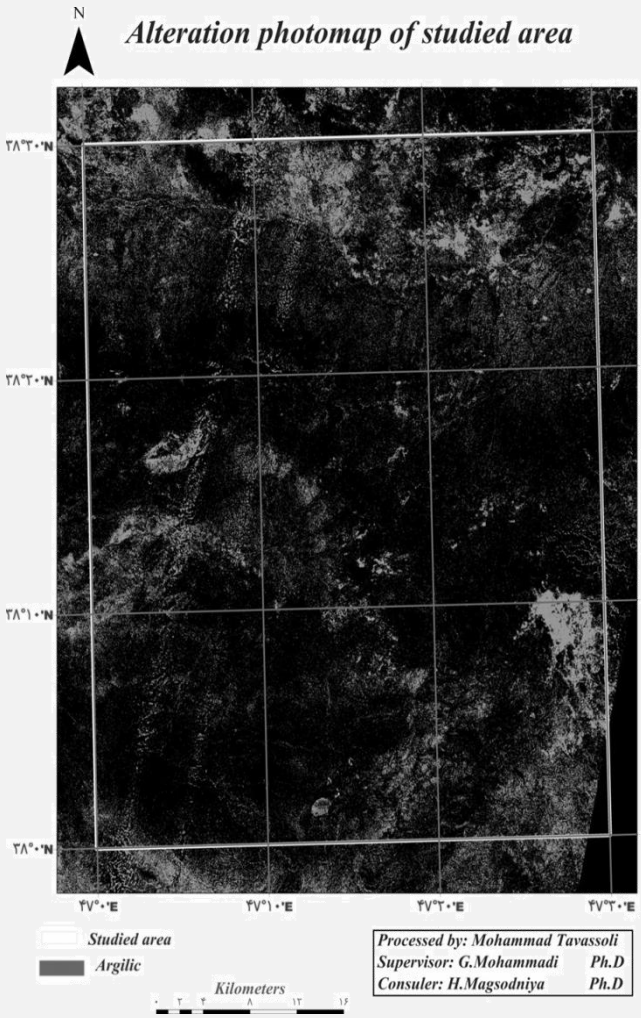
تصاویر استر به علت تعداد باندهای زیاد و فراگیری رنج طیفی وسیع در زمین‌شناسی و اکتشاف معدن کاربرد وسیعی دارند. این تصاویر به علت رزولوشین فضایی بالایی که دارند جهت پاسخ به مسائل زمین‌شناسی و اکتشافی قدرت



شکل ٤: داده‌های ژئو شیمی که توسط روش کریجینگ مقدار دهی شده اند.

بیشتری پیدا می‌کنند. استر یک بازه طیفی بسیار وسیعی را پوشش می‌دهد که این بازه وسیع به کاربران استر اجازه

می‌دهد هدف‌های خود را در یک بازه از مرئی تا مادون قرمز گرمایی مطالعه کنند . داده‌های موجود استر بسته به نوع تصحیحات و نوع پردازش‌های اعمال شده در آنها در سطوح مختلفی قرار دارند که البته با همین سطوح نیز شناخته می‌شوند. داده‌های استری 1A , 1B و سری ۲ از جمله این داده‌ها هستند. داده‌های استری 1B، داده‌های کالیبره شده هستند که بعضی از تصحیحات در آنها اعمال شده و کاربرد وسیعی دارند. این نوع تصاویر در کاربردهای طیفی به علت دارا بودن تمام باندها استفاده وسیعی دارند. استر در ۳ زیر مجموعه VNIR و SWIR و TIR به ترتیب دارای ۳، ۶ و ۵ باند است. بنابراین استر مجموعا دارای ۱۴ باند طیفی است. (جاهدی، فرخ ۱۳۵۷).



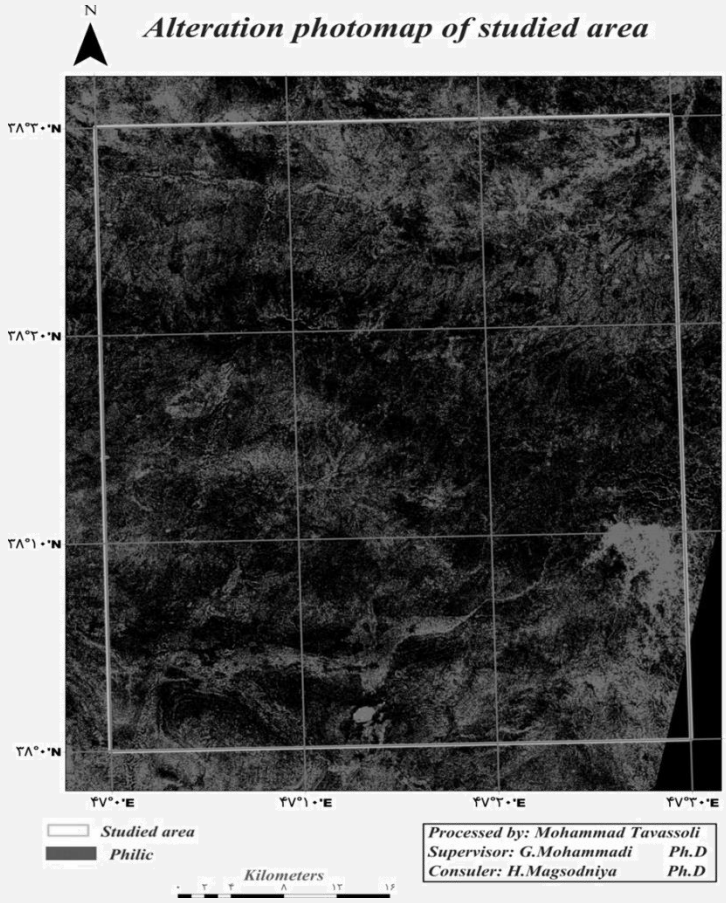
شکل۵: آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته

۳-۳-۱ روش نسبت باندی :

نسبت باندی یکی از ابزارهای مفید جهت بررسی تصاویر استر به منظور کارهای زمین‌شناسی و اکتشافی می‌باشد. با استفاده از این روش، عملیات زیر جهت استخراج اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی صورت گرفت.

الف: **آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته :**

با توجه به این که کائولینیت در آلتراسیون‌های رسی به وفور یافت می‌شود و از طرفی منطقه از لحاظ آلتراسیون، منطقه متنوعی به نظر می‌رسد لذا ثبت کانی کائولینیت می‌تواند مفید باشد. جهت ثبت کائولینیت از نسبت باندی ۷/۶ استفاده گردید. شکل ۵ نواحی دارای کائولن را که می‌توان گفت منطبق بر آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته است، نشان می‌دهد.



شکل ۶: آلتراسیون فیلیک

ب: **آلتراسیون فیلیک**

با توجه به این که موسکوویت در آلتراسیون فیلیک به وفور یافت می‌شود لذا ثبت کانی موسکوویت با توجه به مشخصات طیفی آن می‌تواند راهنمای مناسبی برای آلتراسیون فیلیک

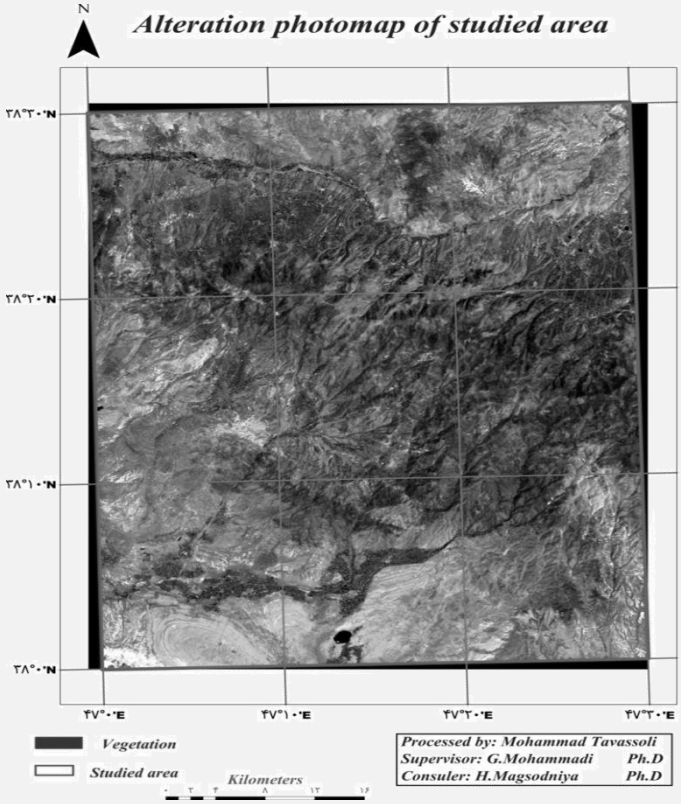
در منطقه باشد. برای ثبت این کانی نسبت‌های باندی زیادی پیشنهاد شده است که به نظر می‌رسد که نسبت باندی ۶/(۷+۵) جهت ثبت این کانی قدرت بیشتری دارد. با استفاده از این نسبت باندی ، تصویر منطقه به صورت شکل ۶ قابل مشاهده است.

۳-۴ استخراج آلتراسیون‌ها با استفاده از تصاویر ETM 7+

تصاویر ETM + از ۷ باند معمولی و یک باند پانکروماتیک تشکیل یافته است.

۳-۴-۱ روش ترکیب باندی :

ترکیب‌های باندی فراوانی برای استخراج آلتراسیون‌ها توسط افراد متعددی ارائه شده است. که ما فقط به ذکر چند نمونه از آنها اکتفا می‌کنیم. **R=Band 4** و **G=Band 7** و **B=Band 5** . در این حالت گیاهان به رنگ قرمز و آلتراسیون‌ها به رنگ آبی و صورتی دیده می‌شوند. شکل ۷ این ترکیب را نشان می‌دهد.



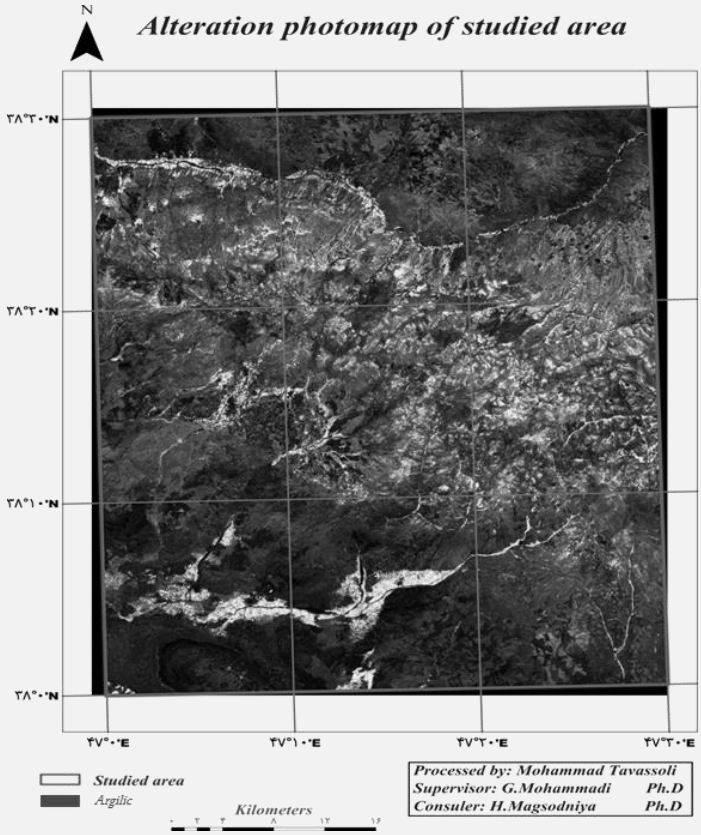
شکل۷: استخراج آلتراسیون‌ها با استفاده از ترکیب باندی

۳-۵-۲ روش تقسیم باندی :

برای استخراج آلتراسیون‌ها در این روش نسبت‌های ۵/۷ ،۴/۲ ،۳/۱ ساخته شده و هر کدام از نسبت‌ها به ترتیب به **RGB** نسبت داده شد.بعبارت دیگر:

R=(Band5)/(Band7)
G=(Band4)/(Band2)
B=(Band3)/(Band1)

در این حالت مانند شکل ۸ پوشش گیاهی به رنگ سبز و اکسید آهن به رنگ آبی و آلتراسیون آرژیلیک به رنگ زرد نمایش داده می‌شود.



شکل ۸: تقسیم باندی داده‌های ETM آلتراسیون آرژیلیک

۴- تلفیق داده‌ها توسط مدل همپوشانی شاخص

این مدل در ترکیب داده‌های مکانی کاربردهای بسیاری یافته‌است. زیرا در عین برخورداری از منطقی ساده، به صورت قابل انعطاف‌تری ورودی‌ها را ترکیب می‌کند و در نتیجه مساله از چارچوب محدود دودویی مدل «بولین» خارج شده در فضای آزادتری حل می‌شود. در این فضا وزن‌های عوامل و کلاس‌های مربوط به هریک از آنها برای مدل‌سازی اهمیت نسبی فاکتورها وارد می‌شوند. مقادیر اوزان با استفاده از روش‌های وزن‌دهی شامل دانش داده‌ای و کارشناسی تعیین

شده، در مرحله بعد با بکارگیری این اوزان مساله به صورت خطی حل می‌شود (تی‌تی دژ، ۱۳۸۴).

۴-۱ وزندهی

در جدول ۱ مقادیر مربوط به اوزان فاکتورها و کلاس‌های آنها نوشته شده است که با استفاده از دانش کارشناسی تعیین شده است .

جدول۱ : وزن دهی در مدل همپوشانی شاخص

لایه اطلاعاتی	نوع لایه	وزن لایه	تعداد کلاس	شاخص لایه	فاکتور هر کلاس	وزن هر کلاس
لیتولوژی	پلی گون	۰/۹۵	٤	فاصله از توده نفوذی بر حسب متر	روی توده نفوذی	۱
					۰-۲۰۰	۰/۹
					۲۰۰ -۵۰۰	۰/۸
					۵۰۰ - ۱۰۰۰	۰/۷
آلتراسیون	پلی گون	۰/۹	٤	فاصله از منطقه آلتراسیونی بر حسب متر	روی آلتراسیون	۱
					۰ - ۱۰۰	۰/۹
					۱۰۰ - ۲۰۰	۰/۸
					۲۰۰ - ۵۰۰	۰/۷
ژئوشیمی	نقطه ای	۰/۸	۳	مقدار مس بر حسب ppm	بزرگتر از ۱۰۰	۰/۹
					۵۰ - ۱۰۰	۰/۸۵
					۲۲.۵ - ۵۰	۰/۲
گسل	خطی	۰/۷۵	٤	فاصله از گسل‌ها بر حسب متر	روی گسل	۱
					۰ - ۵۰	۰/۹
					۵۰ - ۱۰۰	۰/۵
					۱۰۰-۲۰۰	۰/۲

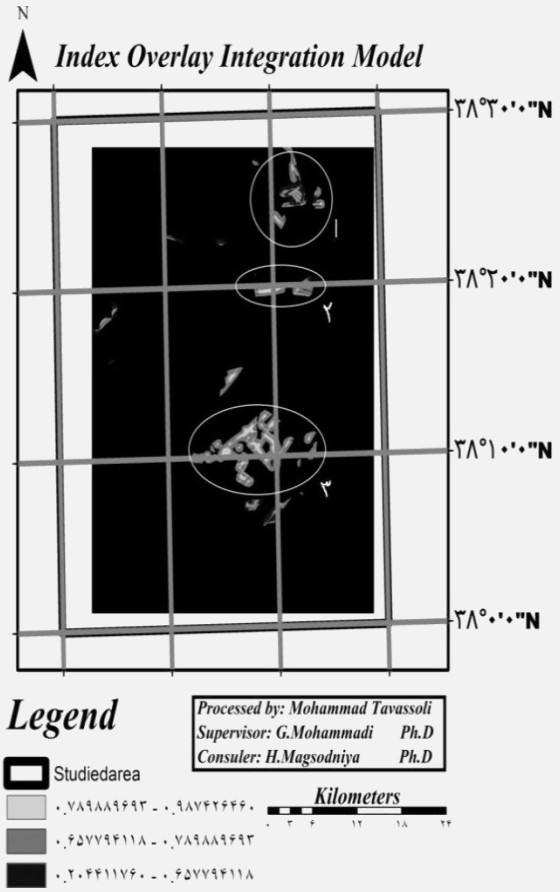
۴-۲ تلفیق داده‌ها

پس از تعیین اوزان فاکتورها و کلاس‌های مناسبت هر فاکتور با اعمال این اوزان به لایه‌های اطلاعاتی نقشه‌های وزن‌دار تولید شده و در نهایت با استفاده از فرمول محاسبه وزن نهایی هر پیکسل در مدل همپوشانی شاخص نقشه نهایی مناسبت مناطق تعیین شد. شکل ۹ نقشه مناطق مطلوب وزن دار برای پی جوئی کانسار مس توسط مدل همپوشانی شاخص در منطقه را نشان می‌دهد.

۵-نتیجه گیری

ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر یکی از مناطق مستعد آذربایجان برای اکتشاف عناصر فلزی می‌باشد. پس از انجام عملیات تلفیق داده‌های اکتشافی در این منطقه، توسط مدل همپوشانی شاخص، مناطق امید بخش برای اکتشاف و پی‌جوئی مس پیدا گشتند.

به منظور بررسی کانی‌زائی و تهیه نقشه پتانسیل اکتشافی مس، ابتدا از روی داده‌های ماهواره‌ای استر و ETM کلیه آلتراسیون‌های موجود در منطقه که فاکتور موثری در



شکل۹ : مناطق امید بخش مس برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر توسط مدل همپوشانی شاخص

اکتشاف مس می‌باشد، استخراج گردیده و به همراه دیگر داده‌ها از جمله واحدهای سنگ‌شناسی، گسل‌ها و خطواره‌ها، داده‌های ژئوشیمی به صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد GIS گردید. در مرحله بعد فاکتورها و شواهد کانی زائی برای پتانسیل یابی مس از روی داده‌های موجود استخراج شده و سپس مورد تلفیق قرار گرفته‌اند.

با استفاده از مدل همپوشانی شاخص ۳ منطقه مستعد برای کانی‌سازی مس مشخص گردید که عبارتند از:

- محدوده روستاهای ، زای لیک، ، قشلاق حاجیلو و خیارلو
- محدوده کوه شرفخان
- محدوده روستای آتمیان علیا و کوه ترمیق

۶- پیشنهادات

جهت تکمیل اطلاعات در عملیات GIS موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

-انجام عملیات لیتوژئوشیمیائی.

- انجام عملیات ژئوفیزیک هوابرد در کل منطقه مورد مطالعه.

هم‌چنین جهت انجام عملیات صحرائی از مراحل پی‌جوئی تا اکتشافات تکمیلی در مناطق امیدبخش ارائه شده عملیات زیر پیشنهاد می‌گردد:

- تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی بزرگ مقیاس از جمله نقشه‌های ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰
- انجام عملیات ژئوفیزیکی مگنتومتری و روش‌های مختلف الکتریکی.
- عملیات سطحی و عمقی از جمله ترانشه، چاهک و گمانه جهت ارزیابی ذخایر.

منابع

- بنی آدم ، ف. ۱۳۸۷ گزارش بررسی مناطق امید بخش معدنی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر ، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- تی‌تی دژ، ا. ۱۳۸۴، خودآموز ArcGIS 9.x و مفاهیم پایه GIS، مؤسسه فرهنگی هنری شمال پایدار
-جاهدی، ف. ، فرخ ی، ش. ۱۳۵۷، مبانی سنجش از دور - انجمن سنجش از دور ژاپن، انتشارات مرکز سنجش از دور ایران.
- کریمی، م. ۱۳۸۱، طراحی و اجرای یک سیستم اطلاعات جغرافیایی طراحی برای اکتشاف معادن مس در مرحله تفضیلی پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده نقشه برداری،دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
- مهرپرتو، م. ۱۳۷۱، نقشه زمین شناسی ورقه یک‌صدهزارم اهر به همراه گزارش، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

-Bonham-Carter, G.F., Agterberg, F.P., Wright, D.F., 1988. Integration of geological data sets for gold exploration in Nova Scotia. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, pp.1585

Compilation of geochemistry, geology and alteration layers for copper potential detection in 1:100000 sheet of AHAR

Mohammad Tavassoli and Dr.Ghodratallah Mohammadi

Abstract

In the first step in the 1:100000 sheet of Ahar potassic, argillic, phyllic alterations have been extracted and digitized from ETM and Aster satellite images, and was given to GIS in a data layer. Geological map data and lithologic units, faults and lineations have been digitized and entered into GIS with geochemical data.In the second step mineralized evidences have been extracted by data processing and providing information, and the third step compilation has done by overlap index.Finally apt areas have been specified for copper mineralization.

Keywords: GIS, compilation, alteration, overlap index model, geochemistry

اکسیداسیون کانسنگ مقاوم طلای زرشوران با استفاده از نیترات سرب

فرخ شفیعی، دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

تقاضای جهانی برای فلزات مدام در حال افزایش است؛ اما اکتشافات جدید کانسارهای فلزی کاهش یافته و عیار این کانسارها کمتر شده و پیچیدگی‌های آن‌ها افزایش یافته است. بنابراین توجه بشر بیشتر به سوی کانه‌های کم‌عیارتر و با کیفیت پایین مانند کانه‌های مقاوم سولفیدی و آرسنیکی طلا جذب می‌شوند. فرآوری کانسنگ‌های مقاوم طلا با استفاده از روش سیانوراسیون معمولاً بازیابی خوبی ندارد به همین دلیل قبل از انجام سیانوراسیون یک عملیات پیش‌فرآوری بر روی آن انجام می‌شود.

نمونه مورد مطالعه در این تحقیق از کانسنگ سولفیدی آرسنیکی معدن طلای زرشوران واقع در تکاب آذربایجان غربی تهیه شد. قبل از انجام پیش فراوری با نیترات سرب، ابتدا آزمایش‌هایی با استفاده از طراحی آزمایش‌ها با نرم افزار DX7 بر روی کانه انجام شد تا میزان بازیابی طلا در این حالت مشخص شود. برای پیش‌فرآوری این کانه از روش اکسیداسیون با استفاده از نیترات سرب در سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ گرم بر تن استفاده شد. نتایج برای مقدار ۳۰۰ گرم بر تن بیشترین میزان بازیابی را که حدود ۸۵/۸۶ درصد بود به همراه داشت. این نتایج با نتایج حاصل از سیانوراسیون کانه بدون اکسیداسیون مورد مقایسه قرار گرفت و میزان بازیابی طلا را از ۶۱ درصد به ۸۵ درصد رسانده است.

کلمات کلیدی :

اکسیداسیون، نیترات سرب، کانسنگ مقاوم طلا، معدن طلای زرشوران

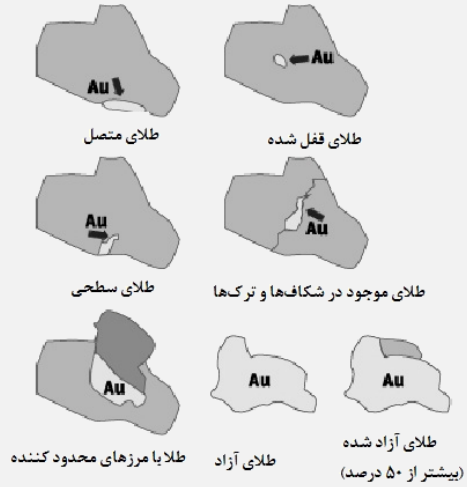
۱- مقدمه

تقاضای جهانی برای فلزات مدام در حال افزایش است؛ اما اکتشافات جدید کانسارهای فلزی کاهش یافته و عیار این کانسارها کمتر شده و پیچیدگی‌های آن‌ها افزایش یافته است. بنابراین روش‌های فرآوری برای کانه‌های کم‌عیار و کنسانتره‌های با کیفیت پایین تنها به روش‌هایی محدود می‌شوند که بتوانند در عمل اقتصادی باشند. به همین دلیل احتمالاً فعالیت‌های معدن‌کاری در آینده هر چه بیشتر به سوی کانه‌های با عیار و کیفیت پایین‌تر و همچنین پیچیده‌تر مانند کانه‌های حاوی آرسنیک و کانه‌های مقاوم طلا بروند[۱-۴].

واژه مقاوم به معنای مقاومت در برابر فرآوری به روش سیانوراسیون می‌باشد. چنین کانه‌هایی نمی‌توانند به آسانی و به صورت مستقیم با روش سیانوراسیون به مقدار قابل توجهی بازیابی شوند. به طور معمول سه دلیل اساسی برای مقاوم بودن این کانه‌ها وجود دارد[۵]:

۱- طلا معمولاً در کانی‌های اکسیدی و یا سولفیدی به صورت درگیر وجود دارد به طوری‌که حتی با خردایش زیاد نیز به مقدار کافی آزاد نمی‌شود؛ بنابراین نمی‌تواند در تماس با عامل انحلال قرار گیرد و در نتیجه بازیابی آن پایین می‌باشد. این حبس‌شدگی معمولاً به صورت فیزیکی می‌باشد و معمولاً مواد میزبان با سیانور واکنش انجام نمی‌دهند [۵]. در شکل ۱-۱

حالت‌های مختلف درگیری طلا با کانی میزبان نشان داده شده است.



شکل ۰-۱. حالت‌های مختلف درگیری ذرات طلا با کانی‌های میزبان [۶]

۲- بعضی از اجزای تشکیل دهنده کانه به میزان قابل توجهی مصرف‌کننده سیانور و اکسیژن هستند. به عنوان مثال کانه‌های پیروتیتی و آرسنوپیریتی و اکسیدهای مس به مقدار زیادی سیانور و اکسیژن مصرف می‌کنند [۷].

۳- مواد کربناته‌ای که به صورت طبیعی در بعضی کانه‌ها وجود دارند کمپلکس‌های سیانور را در در طول لیچینگ جذب می‌کنند و موجب کاهش میزان بازیابی طلا می‌شوند. این پدیده اصطلاحاً preg-robing نامیده می‌شود [۸].

در کانه‌های سولفیدی طلا، طلا عمدتاً به صورت آزاد نبوده و در داخل شبکه کانی‌های سولفیدی به صورت محبوس می‌باشد. لذا لازم است تا قبل از انجام عملیات لیچینگ، طی عملیات پیش فرآوری، طلا آزاد شده تا در معرض عامل لیچینگ قرار بگیرد. روش‌های مختلفی برای پیش فرآوری کانه‌های سولفیدی وجود دارد. بعضی از این روش‌ها عبارتند از: پیش هوادهی، کلریناسیون، تشویه، اکسیداسیون تحت فشار، بیواکسیداسیون، خردایش زیاد و اکسیداسیون شیمیایی. روش‌های مذکور هزینه زیادی را بر فرآوری طلا تحمیل می‌کنند و در واقع از اقتصادی بودن بازیابی طلا می‌کاهند. از روش‌های مذکور، سه روش بیواکسیداسیون، اکسیداسیون تحت فشار و تشویه در حال حاضر در صنعت فرآوری طلا به کار گرفته شده‌اند [۹, ۱۰]. همچنین خدادادی و همکاران در سال ۲۰۱۰ مطالعاتی در مورد الکتروشیمی کانسنگ مقاوم سولفیدی - آرسنیکی معدن طلای زرشوران انجام دادند. در این مطالعات اکسیداسیون اورپیمنت با استفاده از سدیم هیدروکسید ۱ مولار مورد مطالعه قرار گرفت و سپس لیچینگ تیوسولفاتی برای بازیابی طلا انجام شد[۱۱]. کلیپ و همکارانش در سال ۲۰۱۱ پیش فرآوری کانه مقاوم طلا- نقره را با استفاده سدیم هیدروکسید در یک محیط قلیایی انجام دادند[۱۲] و میزان استخراج نقره از ۱۸ درصد به ۹۰ درصد و میزان استخراج طلا از ۴۹ درصد به مقدار ۸۵ درصد رسید. صبا و همکارانش در سال ۲۰۱۱ برای پیش فراوری کانه مقاوم طلا - نقره از پیش‌فرآوری تشخیصی با استفاده از اسید سولفوریک و فریک کلرید استفاده کردند که نتایج حاصل این کار موجب شد که میزان انحلال طلا از ۵۵ درصد به ۸۵ و میزان انحلال نقره از ۳۵ به ۸۱ درصد برسد[۱۳].

اما علاوه بر روش‌های ذکر شده اخیراً کارهای زیادی بر روی پیش‌فرآوری کانه‌های مقاوم طلا با استفاده از تابش امواج مایکروویو انجام شده است[۱۴-۱۷].

اما یکی دیگر از روش‌هایی که برای اکسیداسیون و پیش فرآوری کانه‌های مقاوم طلا مورد استفاده قرار می‌دهند استفاده از روش اکسیداسیون با استفاده از نیترات سرب است[۱۸]. در مطالعاتی که توسط محققین مختلف انجام شده است مشاهده شده که با افزایش نیترات سرب، انحلال طلا تسریع می‌یابد اگرچه مقادیر زیادی از نیترات سرب مورد استفاده قرار گیرد، سطح طلا غیر فعال می‌گردد[۱۸-۲۰].

در این کار از نیترات سرب برای پیش‌فرآوری کانسنگ مقاوم طلای زرشوران استفاده شده است. دلیل انتخاب این روش مطالعه نشدن این روش تا به‌حال برای کانسنگ سولفیدی معدن طلای زرشوران است.

۲- معدن طلای زرشوران

معدن طلای زرشوران به عنوان بزرگترین معدن طلای ایران در ۳۵ کیلومتری شهرستان تکاب و ۱۵ کیلومتری مجموعه میراث فرهنگی و گردشگری تخت سلیمان واقع شده است.گواهی کشف معدن طلای زرشوران پس از عملیات اکتشافی گروه‌های

داخلی و خارجی به نام سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی صادر شده است. زرشوران در ۳۱ کیلومتری شمال تکاب ، در چهار گوش ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی که با مختصات جغرافیایی ، عرض ۳۶-۳۷ درجه و طول ۴۶-۴۸ درجه مشخص میگردد ، واقع شده است. محدوده معدن طلای زرشوران به نوعی همان محدوده کانسار زرنیخ زرشوران است که در حدود ۶ کیلومتری شمال – شمال شرق آبادی زرشوران و ۳۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان تکاب و ۱۹۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان زنجان در استان آذربایجان‌غربی واقع شده است [۲۱].

۳- آماده‌سازی نمونه

۳-۱- خردایش نمونه

نمونه مورد مطالعه در این تحقیق از معدن طلای زرشوران تهیه گردید. نمونه تهیه شده، با استفاده از سنگ‌شکن فکی، سنگ‌شکن استوانه‌ای، آسیای میله‌ای و آسیای گلوله‌ای در چندین مرحله مورد خردایش قرار گرفت تا d_{80} نمونه به مقدار ۶۳ میکرومتر برسد.

۳-۲- آنالیزهای شیمیایی

از نمونه پودری تهیه شده از کانسنگ، سه نمونه برای مطالعات XRD، XRF و ICP فرستاده شد.

همچنین برای سنجش مقدار طلای موجود در کانسنگ اولیه نمونه‌ای معرف انتخاب گردید و برای انجام آنالیز حرارتی فرستاده شد که مقدار طلا در نمونه ۵ ppm تعیین شد.

در جدول ۱ ترکیب کانی‌شناسی نمونه مشخص شده است که در آن کانی‌های سیلیکاتی، اورپیمنت، آرسنوپیریت و سایر کانی‌ها مشاهده می‌شود. در جدول ۲ نیز مقادیر عناصر مختلف موجود در کانه مشاهده می‌شود. همان‌طور که از جدول ۲ مشاهده می‌شود بخش زیادی از نمونه به صورت کوارتز، اکسید آلومینیوم، اکسید کلسیم و اکسید آهن است.

۳-۳- مطالعات کانی‌شناسی

جهت شناسایی ترکیب و بافت کانی‌شناسی ماده معدنی مورد آزمایش چندین مقطع نازک و صیقلی از بخش‌های مختلف نمونه ارسالی به آزمایشگاه تهیه گردیده و مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود در نمونه مورد نظر اورپیمنت وجود دارد. با توجه مطالعاتی که توسط آقای اعظمی [۲۲] بر روی این کانه انجام شده، مشخص شده است که طلا در کانی‌های آرسنیکی وجود دارد لذا شناسایی این کانی‌ها در نمونه لازم بود.

جدول ۱. نتایج آنالیز XRD کانسنگ سولفیدی زرشوران

ترکیب	فرمول شیمیایی
مسکویت	(Na 0.07K 0.9 Ba 0.1)(Al 1.84 Ti)
کوارتز	SiO_2
کلسیت	$CaCO_3$
اورپیمنت	As_3S_4
باسانیت	$CaSO_4.\ 0.5\ H_2O$
ژیپس	$CaSO_4.\ 2H_2O$
آرسنوپیریت	FeAsS
دولومیت	$CaMg(CO_3)_2$
پیریت	FeS_2

جدول ۲. نتایج آنالیز XRF برای کانسنگ سولفیدی زرشوران

ترکیب	درصد
Na_2O	۰/۳۷۳
MgO	۱/۳۳۹
Al_2O_3	۸/۳۰۷
SiO_2	۵۳/۹۵۴
P_2O_5	۰/۱۲۴
SO_3	۱/۹۹۵
K_2O	۲/۰۳
CaO	۹/۴۲۷
TiO_2	۰/۶۳۴
Fe_2O_3	۵/۱۶۵
Zn	۰/۵۸۴
As	۲/۵۷
Sb	۰/۳۵۹
Ba	۰/۴۵۱
Pb	۰/۱۹
L.O.I	۱۲/۵

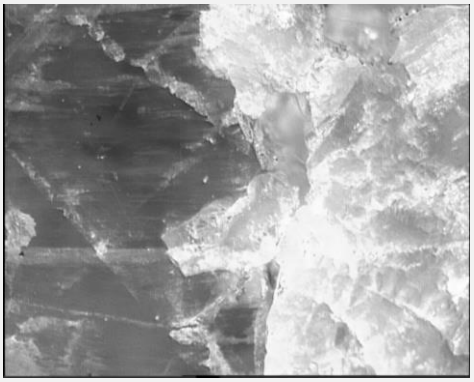
جدول ۳. نتایج آنالیز ICP کانسنگ طلای مقاوم زرشوران

Sample	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce
	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	5	0.1	100	0.5	5	0.2	0.2	100	0.1	1
NO:111	5111	10.8	51403	23463.7	1183	0.8	0.36	58825	124.1	50

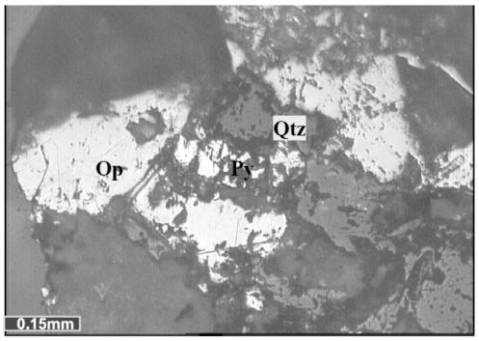
Sample	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg	Mn	Mo
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	1	1	1	100	100	1	1	100	5	0.5
NO:111	14	93	246	40603	16027	27	39	8168	984	7.6

Sample	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Th
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	100	1	10	1	50	0.5	0.5	0.5	2	0.5
NO:111	1538	60	602	2357	15886	2877.8	8.2	2.4	225	21.4

Sample	Ti	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	10	0.5	1	0.5	0.5	0.2	1	5
NO:111	2864	4.7	90	61.62	18	1.9	7043	27



شکل ۴. اورپیمنت موجود در نمونه (نور انعکاسی)



شکل ۴. پیریت و کوارتز در داخل حفره‌ای در درون اورپیمنت (نور انعکاسی)

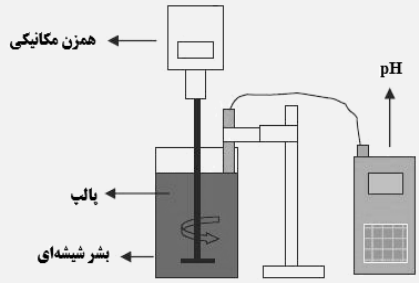
۴- مواد و روش‌ها

۴-۱- مواد شیمیایی

مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک تهیه شدند و دارای خلوص بالایی بودند از جمله نیترات سرب، سدیم هیدروکسید، سیانید سدیم، اسید کلریدریک، اسید نیتریک و اسید سولفوریک.

۴-۲- روش آزمایش

تمام آزمایش‌های لیچینگ در یک سیستم مانند شکل ۴ انجام شدند. قبل از انجام آزمایش‌های اکسیداسیون ابتدا آزمایش‌های سیانوراسیون بر روی کانه انجام گرفت سپس نتایج حاصل از اکسیداسیون با نیترات سرب بر روی بازیابی طلا در فرآیند سیانوراسیون مقایسه شد.



شکل ۲. نمایی شماتیک از تجهیزات لیچنگ سیانوری به‌کار برده شده

آزمایش‌های اکسیداسیون با استفاده از نیترات سرب در سه غلظت ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ گرم بر تن با توجه به منابع [۲۰] انتخاب گردید. همچنین این آزمایش‌های در زمان‌های ۲، ۴ و ۸ ساعت انجام شدند. بعد از انجام اکسیداسیون کانه شرایط پالپ اکسیده شده برای سیانوراسیون آماده شد و به مدت ۲۴ کانه اکسیده شده مورد سیانوراسیون قرار گرفت.

۵- بحث و نتایج

۵-۱- آزمایش‌های سیانوراسیون

همان‌طور که ذکر شد قبل از انجام آزمایش‌های اکسیداسیون آزمایش‌های سیانوراسیون بدون اکسیداسیون بر روی کانه انجام گرفت تا مشخص شود که کانه مورد نظر تا چه حد مقاوم است. بدین منظور یک سری آزمایش با استفاده از طراحی آزمایش‌ها و روش سطح پاسخ برای این کار تعیین شدند. برای انجام این کار از نرم افزار DX7 استفاده شد.

پارامترهایی که در این تحقیق عبارت‌اند از: غلظت سیانور اولیه، pH، دانه‌بندی و زمان. که با توجه به مطالعات قبلی انجام شده و سایر منابع در مورد طلای مقاوم دو پارامتر دانه‌بندی و زمان از کنار گذاشته شدند.

مقدار پارامترهای زمان و دانه‌بندی در تمام آزمایش‌ها به ترتیب ۲۴ ساعت و d_{80} حدود ۶۳ میکرون در نظر گرفته شد. آزمایش‌های طراحی شده در جدول ۴ نشان داده شده‌اند.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود مقادیر بیشینه بازیابی بدون اکسیداسیون ۶۸/۱۶ درصد و مقدار کمینه آن

۵۵/۴۲ درصد است. مدل پیشنهادی نرم‌افزار برای این داده‌ها مدل خطی پیشنهاد شد که در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴. آزمایش‌های طراحی شده لیچینگ توسط نرم‌افزار DX7

شماره اجرا	شماره آزمایش	فکتور ۱ pH	فاکتور ۲ غلظت سیانور	پاسخ بازیابی
۱	۱	۱۰/۵۰	۲۰۰۰/۰۰	۵۵/۴۲
۶	۲	۱۱/۷۱	۳۰۰۰/۰۰	۶۵/۳۶
۸	۳	۱۱/۰۰	۴۴۱۴/۲۱	۶۸/۱۶
۹	۴	۱۱/۰۰	۳۰۰۰/۰۰	۶۱/۳۶
۵	۵	۱۰/۲۹	۳۰۰۰/۰۰	۵۶/۲۳
۱۳	۶	۱۱/۰۰	۳۰۰۰/۰۰	۵۸/۶۹
۴	۷	۱۱/۵۰	۴۰۰۰/۰۰	۶۶/۵۷
۱۱	۸	۱۱/۰۰	۳۰۰۰/۰۰	۶۲/۳۶
۷	۹	۱۱/۰۰	۱۵۸۵/۷۹	۵۷/۳۷
۳	۱۰	۱۰/۵۰	۴۰۰۰/۰۰	۶۱/۲۳
۱۰	۱۱	۱۱/۰۰	۳۰۰۰/۰۰	۶۲/۳۸
۲	۱۲	۱۱/۵۰	۲۰۰۰/۰۰	۵۹/۹۵
۱۲	۱۳	۱۱/۰۰	۳۰۰۰/۰۰	۶۳/۹۳

آنالیز واریانس برای این داده‌ها با استفاده از مدل خطی پیشنهاد شده به دست آمد که در جدول ۶ نشان داده شده است.

همان‌طور که از جدول ۷ دیده می‌شود ضریب تعیین داده‌ها پیش بینی شده توسط مدل تقریب خوبی از مقدار تعیین واقعی داده‌ها است لذا مدل انتخاب شده، مدل مناسبی ارزیابی می‌شود. همچنین مدل‌های ارائه شده برای نرم‌افزار به صورت کد شده و با استفاده از عوامل واقعی در معادلات ۱ و ۲ آورده شده‌اند.

$$Recovery = 61.46 + 2.85*A + 3.46*B \quad \text{معادله(۱)}$$

که در آن A نشانگر pH و B نشان‌دهنده‌ی غلظت سیانور اولیه است.

$$Recovery = -11.57107 + 5.69544*pH + 3.46117*E\text{-}3*Cyanide\ concentration \quad \text{معادله(۲)}$$

شرایط بهینه با شرط مصرف کمینه سیانور و مقدار بیشینه بازیابی طلا با استفاده از نرم‌افزار به صورت جدول ۸ پیشنهاد شد.

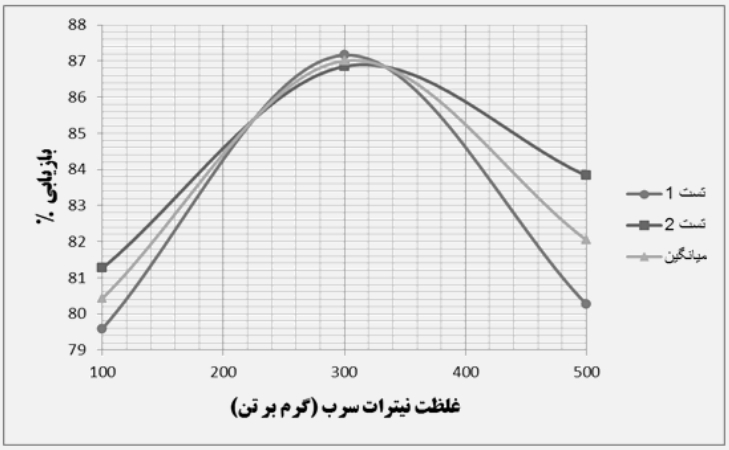
با توجه به جدول ۸ شرایط داده شده در قسمت ۱ به عنوان شرایط بهینه انتخاب شد. همان‌طور که دیده می‌شود شرایط بهینه لیچینگ در pH برابر ۱۱/۵ و غلظت سیانور ppm ۲۲۱۵ حاصل شد. برای اعتبار سنجی این نتایج دو آزمایش با این شرایط انجام شد که بازیابی میانگین در این دو آزمایش برابر با مقدار ۶۰ درصد به دست آمد که نشان می‌دهد با شرایط پیش‌بینی شده تطابق خوبی دارد.

بعد از حاصل شدن شرایط بهینه برای لیچینگ سیانوری آزمایش‌های اکسیداسیون انجام گرفت. آزمایش‌های اکسیداسیون با استفاده از نیترات سرب انجام گرفتند.

۵-۲- آزمایش‌های اکسیداسیون

در این قسمت کانه با استفاده از نیترات سرب در غلظت‌های مختلفی مورد اکسیداسیون قرار گرفت و نتایج آن در شکل ۴ نشان‌داده شده است. با بررسی مراجع تصمیم گرفته شد که اکسیداسیون با استفاده از سه غلظت ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ گرم بر تن به مدت ۴ ساعت قبل از فرآیند سیانوراسیون انجام گیرد. شرایط عملیاتی این آزمایش‌ها در جدول ۹ آورده شده است.

همان‌طور که از جدول ۹ و شکل ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان بازیابی در مقدار نیترات سرب برابر با ۳۰۰ گرم بر تن حاصل شده است. در مقادیر بیشتر از ۳۰۰ گرم بر تن مشاهده می‌شود که مقدار بازیابی کاهش یافته است چون اگر مقدار نیترات سرب از حد مشخصی بیشتر شود به‌جای فعال کردن سطح طلا موجب غیر فعال شدن سطح طلا می‌گردد و در نتیجه بازیابی کاهش می‌یابد.



شکل ۵- نتایج حاصل از اکسیداسیون با استفاده از نیترات سرب

جدول ۵. مدل پیشنهادی برای داده‌های حاصل از سیانوراسیون طلا بدون اکسیداسیون

Source	Sum of squares	df	Mean square	F value	P-value Prob > F	
Mean vs Total	۴۹۱۰۹/۰۰	۱	۴۹۱۰۹/۰۰			
Linear vs Mean	۱۶۰/۷۱	۲	۸۰/۳۶	۳۳/۷۲	<۰/۰۰۰۱	پیشنهاد شده
2Fl vs Linear	۰/۱۶	۱	۰/۱۶	۰/۰۶۲	۰/۸۰۸۴	
Quadratic vs 2Fl	۴/۵۳	۲	۲/۲۶	۰/۸۳	۰/۴۷۵۸	
Cubic vs Quadra	۲/۱۶	۲	۱/۰۸	۰/۳۲	۰/۷۴۱۷	Aliased
Residual	۱۶/۹۹	۵	۳/۴۰			
Total	۴۹۲۹۳/۵۵	۱۳	۳۷۹۱/۸۱			

جدول ۶. آنالیز واریانس داده‌ها برای مدل خطی پیشنهاد شده

Source	Sum of squares	df	Mean square	F value	P-value Prob > F	
Model	۱۶۰/۷۱	۲	۸۰/۳۶	۳۳/۷۲	<۰/۰۰۰۱	معنی دار
A-pH	۶۴/۸۸	۱	۶۴/۸۸	۲۷/۲۲	۰/۰۰۴	
B-Cyanide conc	۹۵/۸۴	۱	۹۵/۸۴	۴۰/۲۱	<۰/۰۰۰۱	
Residual	۲۳/۸۳	۱۰	۲/۳۸	-	-	
Lack of Fit	۸/۸۰	۶	۱/۴۷	۰/۳۹	۰/۸۴۴۵	بی معنی
Pure Error	۱۵/۰۴	۴	۳/۷۶	-	-	
Cor Total	۱۸۴/۵۵	۱۲	-	-	-	

جدول ۷. ضریب تعیین واقعی و مقدار پیش بینی شده توسط مدل

R-Squared	Adj R-Squared	Pred R-Squared	Adeq Precision
۰/۹۰۸	۰/۸۴۵	۰/۸۰۱۴	۱۷/۰۱۴

جدول ۸. شرایط بهینه به دست آمده برای لیچینگ

شماره	pH	غلظت سیانید (ppm)	بازیابی (٪)	مطلوبیت
۱	۱۱/۵۰	۲۲۱۵/۳۱	۶۱/۵۹	۰/۷۵۶
۲	۱۱/۵۰	۲۲۳۳/۰۲	۶۱/۶۵	۰/۷۵۶
۳	۱۱/۵۰	۲۱۸۵/۶۵	۶۱/۴۹	۰/۷۵۶
۴	۱۱/۵۰	۲۱۴۷/۳۸	۶۱/۴۵	۰/۷۵۶

جدول ۹. شرایط عملیاتی اکسیداسیون با نیترات سرب

نمونه	غلظت نیترات سرب (گرم بر تن)	pH	دما (°C)	زمان (ساعت)	دور همزن(rpm)	بازیابی ٪
۱	۱۰۰	۱۱	۲۵	۴	۱۰۰۰	۸۱/۲۶
۲	۱۰۰	۱۱	۲۵	۴	۱۰۰۰	۷۹/۵۹
۳	۳۰۰	۱۱	۲۵	۴	۱۰۰۰	۸۵/۸۶
۴	۳۰۰	۱۱	۲۵	۴	۱۰۰۰	۸۷/۱۶
۵	۵۰۰	۱۱	۲۵	۴	۱۰۰۰	۸۳/۸۲
۶	۵۰۰	۱۱	۲۵	۴	۱۰۰۰	۸۰/۲۶

۶- نتیجه‌گیری

مطالعات اکسیداسیون با استفاده از نیترات سرب بر روی کانسنگ سولفیدی معدن طلای زرشوران انجام گرفت و نتایج به‌دست آمده بهبود میزان بازیابی را نشان دادند به طوری که میزان بازیابی بدون انجام اکسیداسیون در بهترین حالت حدود ۶۲ درصد اما با انجام اکسیداسیون با استفاده از نیترات سرب به نزدیک ۸۵ درصد رسید.

۷- تقدیر و تشکر

در پایان از جناب آقای مهندس مرزبان مدیر کارخانه فرآوری معدن طلای زرشوران که نمونه مورد مطالعه در این تحقیق را در اختیار ما قرار دادند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

۸- مراجع

1- Bruckard, W., et al., Development and evaluation of an early removal process for the beneficiation of arsenic-bearing copper ores. Minerals Engineering, 2010. **23**(15): p. 1167-1173.

2-Brierley, C., *How will biomining be applied in future?* Transactions of nonferrous metals society of China, 2008. **18**(6): p. 1302-1310.

3-Morin, D.H., BioMinE: An integrated project for developing biohydrometallurgy in Europe—Executive summary of its activities and outputs after three years. Transactions of nonferrous metals society of China, 2008. **18**(6): p. 1328-1335.

4-Rawlings, D.E., D. Dew, and C. du Plessis, *Biomineralization of metal-containing ores and concentrates.* TRENDS in Biotechnology, 2003. **21**(1): p. 38-44.

5- R chi, Z Xu, Z Zeng, J liang, *Selective arsenic-fixing roast of refractory gold concentrate.* Metallurgical and Materials Transactions B, 2000. **31**(6): p. 1163-1168.

6-http://www.processmineralogy.com/gold characterization./

7-Davis, A. and T. Tran, *Gold dissolution in iodide electrolytes.* Hydrometallurgy, 1991. **26** (۲): p. 163-177.

8-Thomas, K., *Economics of treating gold ores.* CIM bulletin, 1991. **84**(953): p. 33-37.

9-Sato, M., *Oxidation of sulfide ore bodies. II. Oxidation mechanisms of sulfide minerals at 25 C.* Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists (US), 1960. **55**.

10- Corrans, I. and J. Angove, *Ultra fine milling for the recovery of refractory gold.* Minerals engineering, 1991. **4**(7): p. 763-776.

11-Darban, A.K, M, Azami, AM Melendez, M, Abdollahy, *Electrochemical study of dissolution in a NaOH solution.* Hydrometallurgy, 2011. **105**(3): p. 296-303.

12-Celep, O., et al., Implementation of sodium hydroxide pretreatment for refractory antimonial gold and silver ores. Hydrometallurgy, 2011. **108**(1): p. 109-114.

13-Saba,M, A, Mohammad Yousefi, F, Rashchi , Diagnostic pre-treatment procedure for simultaneous cyanide leaching of gold and silver from a refractory gold/silver ore. Minerals Engineering, 2011. **24**(15): p. 1703-1709.

14- Tinga, W., *Microwave dielectric constants of metal oxides, part 1 and part 2.* Electromagnetic Energy Reviews, 1988. **1**(5): p. 2-6.

15-Haque, K.E., *Microwave energy for mineral treatment processes—a brief review.* International journal of mineral processing, 1999. **57**(1): p. 1-24.

16-Kingman, S., *Recent developments in microwave processing of minerals.* International materials reviews, 2006. **51**(1): p. 1-12.

17-Al-Harahsheh, M. and S. Kingman, *Microwave-assisted leaching—a review.* Hydrometallurgy, 2004. **73**(3): p. 189-203.

18-Deschenes, G. and G. Wallingford, Effect of oxygen and lead nitrate on the cyanidation of a sulphide bearing gold ore. Minerals Engineering, 1995. **8**(8): p. 923-931.

19-Tshilombo, A.F. and R.F. Sandenbergh, An electrochemical study of the effect of lead and sulphide ions on the dissolution rate of gold in alkaline cyanide solutions. Hydrometallurgy, 2001. **60**(1): p. 55-67.

20-Deschênes,G, M, Rousseau, J, Trdif, PJH, Prudhomma., Effect of the composition of some sulphide minerals on cyanidation and use of lead nitrate and oxygen to alleviate their impact. Hydrometallurgy, 1998. **50** :(۳)p. 205-221.

۲۱. سایت رسمی معدن زرشوران http://zarshouran.ir

۲۲. اعظمی، مختار، بررسی اکسیداسیون و انحلال قلیایی تیوسولفاتی همزمان طلا از کانی‌های سولفیدی. رساله دوره دکتری دانشگاه تربیت مدرس گروه معدن بخش فراوری مواد معدنی, زمستان ۱۳۸۹: ص ۲۲۴.

Oxidation of Zarshouran refractory gold ore by lead nitrate

Abstract

Demand for metals always increasing , but grade of metals in new exploration deposit is decreased and complex. Thus, humans attention more toward low-quality ores and refractory gold ore such as arsenal sulfides ore absorbed. Recovery of gold from refractory gold ore by cyanidation is low and generally pretreatment process were don on ore before cyanidation process.

The sample in this study were taken from Zarshouran gold mine in takab from west Azarbayejan Iran. Before using of lead nitrate for oxidation of ore, at first leaching tests carried out by cyanidation to detemine recovery of gold in without oxidation condition. To pretreatment this ore concentration of 100, 300, 500 g/ton lead nitrate were used. Results showed that, maximum recovery accure in 300 g/ton lead nitrate concentration .This result compared with results of cyanidation without pretreatment and Improving recovery from 61 to 85 percent by pretreatment process rather than conventional cyanidation.

Key words:
Oxiadation, Lead nitrate, Refractory gold ore, Zarshouran gold mine

بررسی آزمون فیشر در جهت مقایسه دو جامعه سنگی پیروکسنیت و پریدوتیت

(محدوده مورد بررسی: بخشی از افیولیت میناب واقع در شرق استان هرمزگان، جنوب ایران)

امیر حبیب‌نیا – کارشناس پژوهش جهاد دانشگاهی واحد استان هرمزگان - کارشناس ارشد مهندسی معدن گرایش اکتشاف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).
نشانی پست الکترونیکی : habibnia@acecr.ac.ir Amir.Mine_2006@yahoo.com
اردشیر هزارخانی - استاد دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک تهران) .

چکیده :

افیولیت محدوده میناب در قسمت شرقی استان هرمزگان و در جنوب ایران قرار دارد. در طی پروژه پتانسیل یابی عناصر فلزی , Cr , Ni Cuدر سنگهای افیولیتی محدوده، ۱۷ نمونه از سنگهای اولترامافیک برداشت گردید که پس از مطالعه میکروسکوپی مشخص شد ۱۲ نمونه از جنس پیروکسنیت و ۵ نمونه از جنس پریدوتیت می‌باشند. نمونه‌های برداشت شده از دو واحد سنگی مذکور جهت قرار دادن در یک جامعه سنگی، ارزیابی و مقایسه شدند. مقایسه با روش آزمون فیشر و آزمون t انجام گرفت. آزمون فیشر بر اساس پراش متغیرها (عناصر) در هر جامعه بوده ولی آزمون t بر اساس میانگین و پراش متغیرها با در نظر گرفتن تعداد نمونه در هر جامعه می‌باشد .

هدف از این مقاله بیان نواقص روش آزمون فیشر در مقایسه نمونه‌های برداشت شده از واحدهای سنگی پیروکسنیت و پریدوتیت است که عبارتند از :

- وابستگی بسیار شدید به ترتیب قرارگیری جوامع در صورت و مخرج فرمول توزیع فیشر F (محاسباتی)
- عدم توانایی این روش در تشخیص تاثیر مقادیر خارج از رده در نتایج محاسبات

در نهایت پس از مقایسه دو روش مشخص شد آزمونt ، نتایج مطمئن تری از آزمون فیشر ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی : آزمون فیشر ، آزمونt ، پیروکسنیت، پریدوتیت

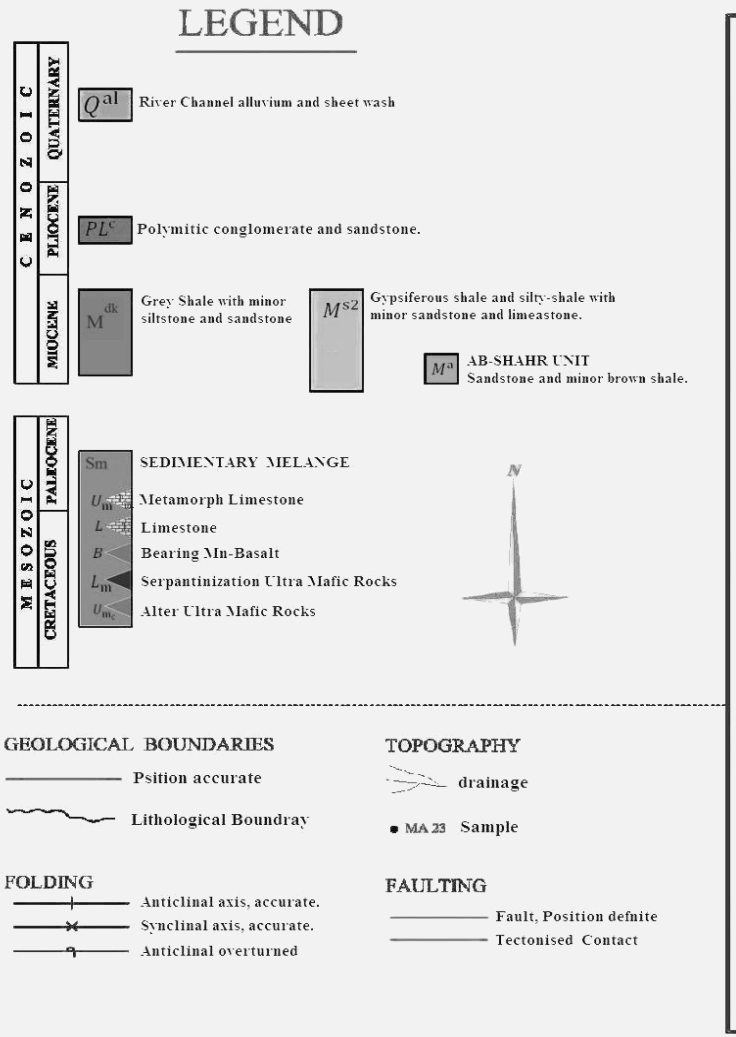
۱- مقدمه :

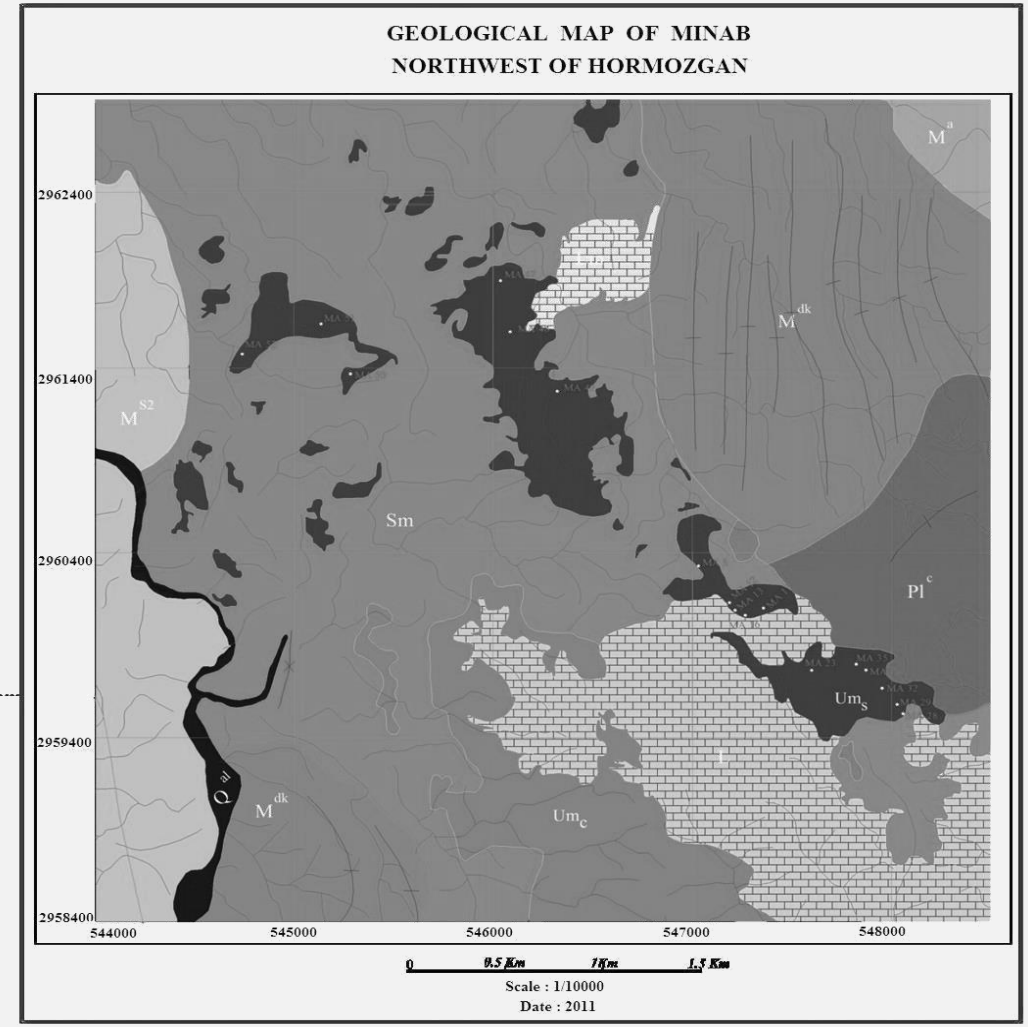
سنگ‌های اولترامافیک درسیستم رده‌بندی QAFPM سنگ‌هایی هستند که بیش از ۹۰ درصد سازنده M دارند که M شامل کانی‌های مافیک نظیر آمفیبول‌ها، میکاها، الیوین ها، پیروکسن‌ها و سرپانتین‌ها هستند. اغلب سنگ‌های اولترامافیک اصولا از الیوین ، ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسن ساخته شده اند و براساس مقدار فراوانی این کانیها به دو گروه عمده سنگهای پریدوتیت و سنگهای پیروکسنیت طبقه‌بندی می شوند. پیروکسنیت‌ها شامل ارتوپیروکسنیت، وبستریت و کلینوپیروکسنیت بوده که معمولا بیش از ۴۴ درصد SiO_2 دارند و اولترابازیک نمی باشند. پریدوتیت ها شامل دونیت، هارزبورژیت، ورلیت و لرزولیت بوده که معمولا کمتر از ۴۴ درصد Sio_2 دارند و اولترابازیک هستند. افیولیت به مجموعه ای از سنگهای مافیک و اولترامافیک گفته می‌شود که ممکن است منظم یا لایه لایه باشند و یا در اثر تنش‌های زمین‌ساختی با یکدیگر مخلوط شوند. به سنگ‌های مجموعه افیولیت، کمپلکس افیولیتی، سری افیولیتی، آمیزه افیولیتی و سرانجام آمیزه رنگین گفته شده که از میان آنها واژه آمیزه رنگین (کالرد ملانژ) کاربرد بیشتری دارد و اغلب به عنوان یک واحد سنگ چینه‌ای به کار می‌رود که در ایران بیشتر به صورت نوارهای باریک هستند. شواهد زمین شناسی و دیگر بررسی های انجام شده نشانگر آن است که ترکیب شیمیایی آن‌ها همانند پوسته اقیانوسی است. وجود ذخایر کرومیت، سولفید مس توده‌ای، کانی‌های گروه پلاتین، عناصر خاکی کمیاب و همچنین نیکل و کبالت از ویژگی‌هایی است که به افیولیت ها ارزش اقتصادی می‌دهند.

برخی سیستم‌های افیولیتی شناخته شده دارای ارزش اقتصادی کروم و عناصر گروه پلاتین عبارتند از : بوشولد، استیل واتر، فاکس ریورسی، فاریاب، پانتون، لوآنگا، کالکا، موشیلا. در پروژه پی‌جویی اندیس‌های معدنی محدوده میناب که توسط گروه پژوهشی مهندسی معدن جهاد دانشگاهی واحد استان هرمزگان انجام گرفت، سنگهای اولترامافیک نواحی میناب که جزو افیولیت ملانژهای شمال مکران محسوب می‌شوند از نظر اینکه محیط مناسبی برای پی‌جویی ذخایر کرومیت هستند، پیمایش گردیده و از قسمت‌های مختلف این سنگ‌ها نمونه‌برداری انجام شده است. با توجه به بررسی‌های زمین‌شناسی و پردازش نتایج آنالیز نمونه‌ها ، مشخص گردید در سنگهای محدوده کانی‌زایی کرومیت رخ نداده است.

۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه :

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۱۰/۲ کیلومتر مربع در شرق روستای سندرک واقع در اطراف شهرستان میناب است. این منطقه از لحاظ ساختاری به محدوده ساختاری کلان تعلق داشته و اوج فاز کوه‌زایی آلپی را در میوسن میانی سپری نموده است. تکتونیک فشارشی با ایجاد چین‌خوردگی‌های متعدد و گسل‌های معکوس فراوان و نیز تغییر مکان فراوان واحدهای چینه‌شناسی، نظم محیط را مخصوصاً در اولیگوسن- میوسن بسیار به هم ریخته است. از واحدهای سنگ‌شناسی این منطقه می توان واحد آمیزه رسوبی را نام برد که در اثر جابجایی و تکه تکه شدن بلوک‌های قدیمی ناشی از تکتونیک فشارشی و به همراه مجموعه‌ای از بلوک‌های رسوبی قدیمی‌تر و نیز سنگ‌های اولترامافیک قدیمی‌تر واحد آمیزه رنگین(Coloured Melange) شکل گرفته‌اند. تکتونیک فعال اولیگوسن میانی هر چند سبب بالا آوردن مجموعه اولترامافیک از عمق به‌واسطه گسل‌های عمیق شده است ولی به علت تکه تکه نمودن بلوک‌ها و به هم ریختن نظم مجموعه اولترامافیک عملکردی مخرب داشته است. مجموعه اولترامافیک از لحاظ اقتصادی و پتانسیل ایجاد ذخایر کروم مهم‌ترین واحد سنگ‌شناسی این منطقه میباشند سنگ‌های اولترامافیک در محدوده نسبتا وسیعی رخنمون دارند که با توجه به محدود بودن تعداد نمونه‌ها ترجیح داده شد نمونه‌برداری به روش تصادفی انجام گیرد. تمرکز نمونه‌ها بیشتر در مناطق اولترامافیک به خصوص مناطق سرپانتینیزه شده می‌باشد و روش نمونه‌برداری Chip Sampling است. وزن تمام نمونه‌های تقریبا یکسان بوده و متوسط وزن آن‌ها ۲/۵ – ۳ کیلوگرم می باشد[۱و۲]. در شکل۲ نقشه‌زمین-شناسی محدوده همراه با موقعیت نمونه‌های برداشت شده از واحدهای سنگی اولترامافیک مشخص است.





شکل۲ : نقشه زمین شناسی محدوده همراه با موقعیت نمونه های برداشت شده از واحدهای سنگی اولترامافیک

جدول ۱ : نتایج آنالیز نمونه ها

			pyroxenite													pridotite			
Unit	MDL		MA5	MA 12	MA 23	MA 28	MA 29	MA 35	MA 50	MA 51	MA 13	MA 16	MA 49	MA 52	MA 32	MA 34	MA 47	MA 48	MA 17
PPM	0.01	Mo	0.10	0.66	0.18	0.17	0.24	0.79	0.07	0.05	0.53	0.37	0.12	0.27	0.25	0.33	1.71	3.09	0.16
PPM	0.01	Cu	20.68	17.46	63.25	4.32	15.87	25.86	28.04	34.43	14.65	12.07	17.59	84.40	18.43	30.17	23.94	19.00	13.11
PPM	0.01	Pb	0.08	<0.01	0.08	0.11	0.10	0.10	0.26	0.25	<0.01	<0.01	0.12	0.20	0.03	0.04	0.14	0.17	<0.01
PPM	0.1	Zn	37.1	22.8	19.9	26.8	28.4	20.3	25.3	29.2	20.4	21.8	17.6	29.4	25.8	19.3	24.6	23.4	12.4
PPB	2	Ag	5	6	23	7	8	34	8	8	7	6	8	14	6	10	26	14	12
PPM	0.1	Ni	1885.3	2334.0	1720.2	2366.5	2023.1	2231.4	1759.0	2026.0	1962.4	2183.7	1944.1	1982.8	2054.3	1986.0	2095.4	2276.4	2102.5
PPM	0.1	Co	83.4	105.8	75.5	99.9	90.5	101.4	89.7	97.0	91.3	89.4	85.9	91.2	92.8	84.7	92.3	101.6	95.2
PPM	1	Mn	879	845	689	813	796	776	828	860	716	690	744	874	881	742	900	887	701
PPM	0.1	As	0.4	0.5	1.2	1.2	1.6	0.2	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	0.1	2.8	1.8	0.6
PPB	0.2	Au	1.2	1.0	1.6	1.0	0.7	2.1	0.9	0.7	1.0	1.4	1.0	1.4	1.3	1.1	1.5	1.1	1.0
PPM	0.5	Sr	10.6	140.3	15.1	28.0	25.9	13.5	17.3	18.1	54.8	2.0	9.4	9.9	3.1	13.8	30.3	15.1	11.1
PPM	2	V	8	30	26	25	41	26	64	49	40	25	22	88	35	38	35	31	40
PPM	0.5	Cr	458.6	814.9	768.4	400.9	968.5	874.0	1099.4	995.9	649.2	848.9	689.8	1556.3	1096.5	1219.8	1083.6	1029.5	1365.1
PPM	0.5	Ba	1.2	2.0	4.5	21.8	21.4	4.7	4.8	4.6	0.9	<0.5	2.2	1.8	2.1	5.1	1.4	13.3	2.5
PPM	20	B	21.00	66.00	40.00	30	32	92	40	31	58	78	74	61	68	79	126	105	65
PPM	0.1	Sc	4.70	9.50	8.60	7.2	9.9	10.1	18.7	16.4	9.8	7.8	6.5	23.5	11.2	11.9	11.1	9.6	10.9
PPB	5	Hg	14.00	21.00	28.00	25	39	17	27	19	21	53	7	13	22	11	17	18	34
PPM	0.1	Se	0.20	0.30	0.20	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
PPM	0.1	Ga	2.50	0.80	1.40	0.6	0.7	0.7	1.5	1.3	1.0	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.4	1.0	1.0
PPM	0.1	Zr	<0.1	0.10	<0.1	0.3	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.3	0.1	<0.1
PPM	0.01	Y	2.48	0.85	0.43	0.43	0.59	0.46	1.22	1.13	1.51	0.72	0.46	1.80	0.97	0.79	0.91	0.74	0.73
PPM	0.1	Ce	3.00	0.20	0.20	0.2	0.2	0.1	0.5	0.5	0.3	0.2	<0.1	0.3	0.2	<0.1	0.2	<0.1	0.1
PPM	0.1	Li	2.9	0.8	3.0	3.0	2.4	27.1	15.6	28.8	1.7	0.7	2.1	1.1	5.2	27.1	46.2	26.8	2.6
%	0.01	Fe	4.36	5.40	4.13	5.08	5.01	4.98	4.79	4.95	4.90	4.71	4.76	4.98	4.92	4.63	5.26	5.43	5.07
%	0.01	Ca	0.12	1.09	0.84	1.22	1.46	0.17	0.87	0.64	0.32	0.02	0.28	0.56	0.04	0.15	0.22	0.20	0.12
%	0.01	Mg	16.85	18.95	16.19	19.22	18.46	18.73	17.95	18.86	19.22	20.10	18.43	19.02	20.00	18.29	18.89	18.87	18.93
%	0.001	Ti	0.005	0.010	0.006	0.007	0.017	0.007	0.018	0.015	0.018	0.011	0.007	0.022	0.014	0.008	0.013	0.011	0.006
%	0.01	Al	0.35	0.51	0.37	0.24	0.38	0.37	0.59	0.68	0.72	0.49	0.62	0.64	0.52	0.53	0.56	0.48	0.69
%	0.001	Na	0.00	0.00	0.01	0.005	0.006	0.005	0.004	0.006	0.004	0.0۰8	0.005	0.004	0.002	0.005	0.031	0.005	0.005

*- نمونه هایی که مقدار عناصر به علت حد حساسیت دستگاه آنالیزگر قابل اندازه گیری نبودند با علامت > نشان داده شده اند.

**- عناصری که مقادیر سنسورد آنها بیش از حد مجاز بود آورده نشده اند.

۳- آنالیز نمونه ها

نمونه‌ها توسط دستگاه ICP-MS مدل Perkin Elmen Elan در آزمایشگاه Labwest در کشور استرالیا آنالیز گردیده اند. ۰/۲۵ گرم از پودر ۲۰۰ مش هر نمونه (معادل ۷۵ میکرون) پس از محلول سازی با ۴ اسید (کلریدریک، فلوریدریک، پرکلریک و نیتریک) به حجم رسیده و سپس جهت تعیین عیار عناصر کمیاب و فلزات اصلی آنالیز شده‌اند.

۴- جایگزینی مقادیر سنسورد

داده‌های سنسورد به داده‌هایی اطلاق می‌شود که به علت حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری، آن داده‌ها به صورت مقادیر کوچکتر و یا بزرگتر نمایش داده می‌شوند. وجود چنین اعدادی در بین یک سری داده می‌تواند بررسی‌های آماری را دچار مشکل کند، در این گزارش از روش ¾ جهت تخمین مقادیر سنسورد استفاده گریده است[۳و۲]. به عنوان مثال عنصر Pb در نمونه MA12 دارای مقدار سنسورد است. نظر به اینکه هدف از این گزارش، مقایسه دو آزمون فیشر و ستیودنت-t با عناصری است که درصد مقادیر سنسوردشان کم بوده لذا لیست عناصری که درصد مقادیر سنشوردشان بالا بوده در جدول مربوط به آنالیز (جدول ۱) آورده نشده است.

۵- آزمون فیشر

با توجه به اینکه نمونه‌های مورد بررسی از جامعه سنگی اولترامافیک برداشت شده‌اند، ولی ممکن است نحوه پراکندگی برخی از عناصر از یک واحد سنگی(پیروکسنیت) به واحد سنگی دیگر (پریدوتیت)، تغییر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، هر چند که اکثر نمونه‌ها از خانواده پیروکسنیت (اولترامافیک-بازیک) هستند ولی چند نمونه از خانواده پریدوتیت (اولترامافیک-اولترابازیک) برداشت شده است، لذا برای اینکه بخواهیم پراکندگی و زمینه محلی عناصر را در منطقه مورد نظر بدست آوریم باید بدانیم رفتار عناصر از یک واحد سنگی به واحد سنگی دیگر تا چه حدی تغییر می کند و اگر این تغییر معنی‌دار نباشد می‌توان کل نمونه‌ها را تحت یک جامعه سنگی الترامافیک در نظر گرفت. در این گزارش نمونه‌ها به دو لیتولوژی تقسیم شده‌اند، ۱- پریدوتیت ۲ - پیروکسنیت. در بسیاری از بررسی‌های آماری پراش دو جامعه نمونه بر طبق روابط آزمون فیشر با هم مقایسه می‌شوند تا مشخص گردد آیا آن دو جامعه نمونه را می‌توان معادل هم دانست یا خیر؟ در این گزارش علاوه بر آزمون فیشر از آزمون t هم استفاده شده تا نتایج مطمئن‌تری بدست آید. آزمون فیشر در ارتباط با مقایسه پراش هر یک از عناصر در واحدهای سنگی مختلف می‌باشد. و براساس مقایسه دو مقدار F و F_α هر عنصر است.

F_α وابسته به درجه آزادی دو واحد سنگی بوده و در سطوح معنی‌دار مختلف، دارای مقادیر متفاوتی است و از جدولی که توسط سان و ساندیلندس ارائه شده، در سطح اعتماد ۹۵ درصد استخراج گردیده است[۶و۴]. مقدار F توسط فرمول زیر محاسبه می گردد که براساس نسبت پراش هر یک از متغیرها (عناصر) در نمونه های برداشت شده از دو واحد سنگی پریدوتیت و پیروکسنیت می باشد.

رابطه ۱ $(F= S_1^2/S_2^2)$

مقادیر F و F_α هر یک از متغیرها با هم مقایسه می‌گردند به‌طوریکه اگر مقدار F هر یک از متغیرها از مقدار F_α که از جدول استخراج می‌گردد، بیشتر باشد یعنی فرض صفر برقرار بوده و دو جامعه نمونه نسبت به متغیر مورد نظر معادل هم هستند. در آزمون فیشر F_α که مقدار متناظر با توزیع فیشر (F) می‌باشد به ازاء درجات آزادی v_1 , v_2 و سطح معنی‌دار بودن α که در این گزارش α = ۰/۹۵ است، به صورت $(F_{\alpha;v_1,v_2})$ نشان داده می‌شود. اگر توزیع فیشر یعنی مقدار F ، حاصل نسبت S_1^2/S_2^2 باشد، آنگاه $v_1=N_1-1$ و $v_2=N_2-1$ است و $F_{\alpha;v_1,v_2}$ که مقدار متناظر با توزیع فیشر است بر اساس درجه آزادی v_1 در صورت و درجه آزادی v_2 در مخرج از جدولی که توسط سان و ساندیلندس ارائه شده، استخراج می گردد. اما در صورتی که توزیع فیشر، حاصل نسبت S_2^2/S_1^2 باشد، آنگاه $v_1=N_2-1$ و $v_2=N_1-1$ خواهد شد و در این حالت مقدار متناظر با توزیع فیشر، $F_{\alpha;v_2,v_1}$ بر

جدول ۲ : نتایج آزمون فیشر جهت مقایسه پراش واحدهای سنگی پریدوتیت و پیروکسنیت نسبت به هم در دو حالت.

حالت اول $N_1=5$ $N_2=12$	$v_1=4$ $v_2=11$				حالت دوم $N_1=12$ $N_2=5$	$v_1=11$ $v_2=4$		
Element	F	$F_{0.95;11,4}$	فرض		Elemen	F	$F_{0.95;4,11}$	فرض
Mo	0.036	5.93	0		Mo	27.59	3.36	1
Cu	12.91	5.93	1		Cu	0.08	3.36	0
Pb	1.45	5.93	0		Pb	0.69	3.36	0
Zn	1.03	5.93	0		Zn	0.97	3.36	0
Ag	1.34	5.93	0		Ag	0.75	3.36	0
Ni	3.73	5.93	0		Ni	0.27	3.36	0
Co	1.88	5.93	0		Co	0.53	3.36	0
Mn	0.55	5.93	0		Mn	1.81	3.36	0
As	0.23	5.93	0		As	4.26	3.36	1
Au	4.06	5.93	0		Au	0.25	3.36	0
Sr	14.45	5.93	1		Sr	0.07	3.36	0
V	39.97	5.93	1		V	0.03	3.36	0
Cr	5.14	5.93	0		Cr	0.19	3.36	0
Ba	2.35	5.93	0		Ba	0.43	3.36	0
B	0.75	5.93	0		B	1.33	3.36	0
Sc	44.06	5.93	1		Sc	0.02	3.36	0
Hg	2.10	5.93	0		Hg	0.48	3.36	0
Se	3.14	5.93	0		Se	0.32	3.36	0
Ga	7.66	5.93	1		Ga	0.13	3.36	0
Zr	0.50	5.93	0		Zr	2.00	3.36	0
Y	37.07	5.93	1		Y	0.03	3.36	0
Ce	154.49	5.93	1		Ce	0.01	3.36	0
Li	0.33	5.93	0		Li	3.00	3.36	0
Fe	1.16	5.93	0		Fe	0.86	3.36	0
Ca	43.26	5.93	1		Ca	0.02	3.36	0
Mg	2.98	5.93	0		Mg	0.34	3.36	0
Ti	2.98	5.93	0		Ti	0.34	3.36	0
Al	3.69	5.93	0		Al	0.27	3.36	0
Na	0.01	5.93	0		Na	84.20	3.36	1

اساس درجه آزادی v_2 در صورت و درجه آزادی v_1 در مخرج از جدول مربوطه، مشخص می گردد. در واقع در آزمون فیشر ترتیب قرارگیری جوامع در صورت و مخرج کسر مهم است. بنابراین در این گزارش آزمون فیشر در دو حالت انجام گرفته است.

حالت اول جامعه پیروکسنیت در صورت و پریدوتیت در مخرج:

$N_1=12$, $N_2=5$, $v_1=11$, $v_2=4$

$F_{0.95;11,4} = 5.93$

در این حالت مقدار F که فرمول آن دررابطه ۱ آورده شده، برای ۳۰ عنصر محاسبه گردید و مشخص شد برای عناصر Cu , Sr , V , Sc , Ga , Y , Ce , Ca فرض صفر برقرار نیست. در واقع پراش ۸ عنصر خصوصا عنصر سنگ ساز Ca در این حالت با یکدیگر اختلاف دارند. جدول ۲.

حالت دوم جامعه پریدوتیت در صورت و پیروکسنیت در مخرج

$N_1=5$, $N_2=12$, $v_1=4$, $v_2=11$, $F_{0.95;4,11} = 3.36$

در این حالت مقدارF، برای ۳۰ عنصر محاسبه گردیده و برای عناصر Mo ,As ,Na فرض صفر برقرار نیست. در واقع پراش ۳ عنصر در این حالت با یکدیگر اختلاف دارند. جدول۲.

جهت مقایسه مقادیر در جوامع مختلف به منظور تشخیص همسان بودن جوامع نسبت به هم مدتها است که از آزمون فیشر استفاده می شود این آزمون در ارتباط با مقایسه پراش جوامع نسبت به یکدیگر است. در این مقاله نواقص این روش بیان گردیده است.

۶- آزمون t

این آزمون در ارتباط با مقایسه میانگین دو جامعه بر اساس پراش، میانگین، تعداد نمونه و درجه آزادی می‌باشد. بر حسب شرایط گوناگون، مقایسه میانگین دو جامعه دارای

جدول۳ : مقدار t و t´ جهت مقایسه میانگین واحدهای سنگی پریدوتیت و پیروکسنیت نسبت به هم

Element	t´	t	فرض
Mo	2.7674	1.411	0
Cu	2.2911	1.003	0
Pb	2.5595	0.797	0
Zn	2.6028	1.31	0
Ag	2.5702	0.579	0
Ni	2.426	0.886	0
Co	2.5233	0.433	0
Mn	2.6686	0.642	0
As	2.7248	1.267	0
Au	2.4146	0.227	0
Sr	2.2829	1.199	0
V	2.2336	0.187	0
Cr	2.384	2.953	1
Ba	2.4917	0.316	0
B	2.6392	2.735	1
Sc	2.2307	0.072	0
Hg	2.5077	0.623	0
Se	2.4499	0.932	0
Ga	2.3382	0.084	0
Zr	2.6768	0.327	0
Y	2.236	0.922	0
Ce	2.2098	1.501	0
Li	2.7058	1.649	0
Fe	2.5888	1.335	0
Ca	2.2312	3.499	1
Mg	2.4573	1.198	0
Ti	2.43	0.609	0
Al	2.4275	1.038	0
Na	2.7512	0.7	0

* در مقایسه نمونه های پیروکسنیت با نمونه های پریدوتیت $N_1=11$ $N_2=5$ $t_1=t_{Pyx}= 2.201$ $t_2=t_{pri}=2.77$

* نتایج آزمون t در حالتی که $N_1=5$, $N_2=11$ باشد تغییر نخواهد کرد. در واقع با جابجایی W_1 و W_2 مقادیر t و t' تغییر نخواهند نمود.

روابط مختلفی است. نظر به اینکه پراش برخی عناصر اختلاف معنی‌دار نسبت به هم دارند، لذا در مقایسه میانگین دو واحد پیروکسنیت و پریدوتیت از روابط مربوط به این شرایط استفاده شده است. بدین صورت که در بررسی هر عنصر در دو جامعه، دو پارامتر باید مشخص گردد، t , t' [۴و۶]

اگر مقدار t یک عنصر کمتر از مقدار t´ همان عنصر باشد در این حالت فرض صفر برقرار بوده و دو جامعه سنگی را از نظر متغیر (عنصر مورد بررسی) می توان مشابه هم دانست و در صورتی که تعداد عناصر با رفتار مشابه در دو جامعه مورد بررسی زیاد باشند می توان آن دو جامعه سنگی را معادل هم در نظر گرفت.

$$W_1= (S_1)^2/n_1 \qquad , W_2= (S_2)^2/n_2$$
$$t'= (W_1t_1 + W_2t_2) / (W_1+W_2)$$

t_1 , t_2 بر اساس درجه آزادی (ν = n-1) و در سطح معنی دار ۰/۰۵ توسط ساندیلندس و همکاران محاسبه شده و از جدول مربوطه استخراج می گردند[۴و۶].

$$t = |x_1 + x_2| / \sqrt{(W1 + W2)}$$

در بررسی آزمون t ، از میان ۲۹ عنصر، مقادیر سه عنصر Cr , Ca , B رفتار یکسانی در دو جامعه سنگی پیروکسنیت و پریدوتیت نشان نمی‌دهند. در واقع میانگین و پراش ۲۶ عنصر خصوصا عناصر سنگ‌ساز Fe , Al , Mg , Ti , Na در واحدهای سنگی سرپانتینیت و پیروکسنیت در سطح اعتماد ۰/۰۵ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشته و این بدان معنی است که می توان نمونه‌های برداشت شده از این دو واحد سنگی را تحت یک جامعه سنگی در نظر گرفت.

۷- بحث :

آزمون فیشر در مرحله اول به ازای درجات آزای V_1=11 , V_2=4 صورت گرفت که V_1 در صورت و V_2 در مخرج قرار داشته و$F_{0.95;11,4}$ که از جدول مربوطه استخراج می‌گردد برابر ۵/۹۳ خواهد بود، ، در این حالت برای عناصر Cu , Sr , V , Sc , Ga , Y , Ce , Ca فرض صفر برقرار نگردید. آزمون فیشر در مرحله دوم به ازای درجات آزای V_2=11 , V_1=4 صورت گرفت که $F_{0.95;4,11}$ = 3.36 بوده و در این حالت برای عناصر Mo, As , Na فرض صفر برقرار نگردید.

همان‌گونه که مشاهده می‌کنید ترتیب قرارگیری دو جامعه در بررسی آزمون فیشر مهم بوده زیرا اگر بخواهیم این دو جامعه سنگی را فقط از نظر یک متغیر بررسی نماییم ممکن است نتایج معکوسی ارائه شود به‌طوریکه اگر عنصر Mo را در نظر بگیریم در حالت اول که درجه آزادی ۱۱ در صورت و درجه آزادی ۴ در مخرج است، چنین استنباط می شود که مقادیر Mo در دو جامعه سنگی پیروکسنیت و پریدوتیت شبیه هم بوده ولی در حالت دوم که ترتیب درجه آزادی صورت و مخرج کسر عوض می گردد، چنین استنباط می شود که مقادیر Mo در دو جامعه سنگی مذکور تفاوت قابل ملاحظه ای نسبت به هم دارند، در واقع نتیجه عکس حالت اول خواهد بود. وابستگی شدید آزمون فیشر به ترتیب قرار گیری درجه آزادی در صورت و مخرج کسر، باعث گردید که نتایج غیر قابل انطباقی از این آزمون در طی دو حالت بدست آید، به‌طوریکه در حالت اول دو جامعه سنگی نسبت به مقادیر ۸ عنصر با هم اختلاف دارند ولی در حالت دوم هیچکدام از این ۸ عنصر با هم اختلاف نداشته بلکه مقادیر سه عنصر (متغیر) دیگر با هم اختلاف دارند، بنابراین نمی‌توان گفت کدامیک درست‌تر هستند.

وقتی با دقت به مقادیر عنصر Na در دو جامعه سنگی مذکور توجه شود، مشخص است که مقادیر اکثر نمونه‌ها شبیه هم بوده البته به جزو نمونه MA47 که جزو جامعه سنگی پریدوتیت می‌باشد. در بررسی‌های آماری مقدار Na در این نمونه خارج از رده در نظر گرفته می‌شود، اگر مقدار تصحیح یافته Na در نمونه MA47 جایگزین گردد، کاملا واضح است که مقادیر Na در دو جامعه سنگی شبیه هم خواهند بود. ولی در بررسی آزمون فیشر در حالتی که جامعه پریدوتیت در صورت کسر قرار گیرد نتیجه این چنین نخواهد بود. نتایج آزمون در این حالت بیان می‌کند که مقادیر Na در دو جامعه سنگی تفاوت بسیار قابل ملاحظه ای با هم دارند. در واقع به علت وجود مقدار خارج از رده و عدم توانایی آزمون فیشر درتشخیص تاثیر این مقدار بر محاسبات، نتایج این آزمون غیر

واقعی خواهند شد، که دلیلی بر ضعف بالای این روش است. در بررسی آزمون t مشخص شد که مقادیر عناصر Cr , B , Ca اختلاف معنی‌داری در دو جامعه سنگی پیروکسنیت و پریدوتیت نسبت به هم دارند. کاملا واضح است که پراکندگی عناصر Cr,B در واحد سنگی پریدوتیت بیشتر از واحد سنگی پیروکسنیت بوده به طوریکه پراکندگی عنصر Cr در واحد سنگی پریدوتیت بیش از ^{ppm}۱۰۰۰ و با میانگین ^{ppm} ۱۱۵۸ بوده در حالی که در نمونه های پیروکسنیتی میانگین ^{ppm}۸۴۳ بوده و تنها در دو نمونه پراکندگی عنصر Cr بالای ^{ppm}۱۰۰۰ می باشد.

۸- نتیجه گیری :

۱- وابستگی شدید آزمون فیشر به ترتیب قرارگیری جوامع در صورت و مخرج کسر، باعث گردید که نتایج غیر قابل انطباقی از این آزمون طی تغییر وضعیت درجه آزادی یک جامعه از صورت به مخرج کسر بوجود آید. به طوریکه ممکن است در بررسی دو جامعه A و B نسبت به هم، در حالتی که جامعه A در صورت باشد، دو جامعه نسبت به یک متغیر اختلاف داشته باشند، ولی در حالتی که جامعه A در مخرج باشد، دو جامعه نسبت به متغیر مورد نظر اختلاف نداشته باشند.

۲- مقادیر خارج از رده تاثیر معکوس بر نتایج آزمون فیشر می‌گذارد به‌طوریکه ممکن است مقادیر دو جامعه A و B نسبت به متغیر X شبیه به هم باشند ولی جامعه A در یک نمونه دارای مقدار خارج از رده باشد، اگر در روابط آزمون فیشر، جامعه A در صورت کسر قرار گیرد، در این حالت نتیجه آزمون فیشر اشتباه خواهد بود و بیان می کند که دو جامعه نسبت به متغیرX شبیه به هم نیستند.

۳- روابط آزمون فیشر بر اساس پراش و درجه آزادی است ولی روابط آزمون t علاوه بر پراش به تعداد نمونه هر جامعه و میانگین مقادیر متغیرهای مورد بررسی هر جامعه بستگی دارد که باعث شده است نتایج این آزمون به واقعیت نزدیک بوده و اعتبار بیشتری از آزمون فیشر داشته باشد.

با توجه به وابستگی شدید آزمون فیشر به ترتیب قرارگیری درجه آزادی جوامع در صورت و مخرج کسر و همچنین نظر به عدم توانایی این روش در تشخیص تاثیر مقادیر خارج از رده در نتایج محاسبات، توصیه می شود جهت مقایسه مقادیر متغیر یا متغیرهایی بین جوامع مختلف از این روش استفاده نگردد.

منابع و مراجع:

[۱]- حسنی پاک، ع (۱۳۷۶)، «طراحی بهینه پروژه‌های اکتشافی»، انتشارات دانشگاه یزد.

[۲]- حسنی پاک، ع (۱۳۷۶)، «نمونه برداری»، انتشارات دانشگاه تهران.

[۳]- حسنی پاک، ع. ۱۳۷۰، " اصول اکتشافات ژئوشیمیایی" انتشارات دانشگاه تهران.

[۴]- حسنی پاک، ع.، شرف الدین، محمد. ۱۳۸۰، " تحلیل داده‌های اکتشافی" انتشارات دانشگاه تهران

[۵]-Bounessaha, M., Atkinb, B.P., 2003, "An application of exploratory data analysis (EDA) as a robust non parametric technique for geochemical mapping in a semi-arid climate", Journal of Applied Geochemistry. Vol.18, pp.1185–1195.

[۶]-Swan, A.R.H. Sandilands, M. and Mccabe, P. (1995), “ Introduction to Geological Data Analysis, Backwill Science, P.446

Evaluation of Fisher test in the comparison of two rock groups of Piroxinite and Pridotite

(Study area: parts of Minab ophiolite in the east of the Hormozgan province, south of Iran)

Habib Nia[1],A. Hezarkhani[2], A.
1-Deportment of Mine Exploration, ACECR Hormozgan Province.

Abstract

The Minab ophiolite is located in the eastern part of the Hormozgan province in the south of Iran. During t potential-finding project of Cr, Ni and Cu in the ophilitic rocks of the study area, 17 samples were taken fr these ophiolitic rocks and after microscopic studies, it was revealed that 12 samples were of piroxinite and samples were of proditite types. These samples were evaluated and compared in order to classify them in a rock group. The comparison was performed by Fisher and t-test. Fisher test is based on variance (of eleme in each group but t-test is based on mean and variance of variables with account of sample number in each group. This paper is aimed to address the deficiencies of Fisher test in comparison of the samples taken fro piroxinite and pridotite rock unites that includes: 1-vey high dependence on the order of groups in Fisher formula (mathematical F), 2-incapability of this method in recognition of outliers in calculation results. Finally, after comparison of these two method it was concluded that t-test gives more reliable results than Fisher test.

Key words: Fisher test, t-test, piroxinite, pridotite

فرآیند توأمان هیدرومکانیکی حرکت جریان سیال در توده‌سنگ درزه‌دار

علی ابوالقاسم اصفهانی[1]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج معدن، دانشکده‌ی مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
isfahani.ali@shahroodut.ac.ir

چکیده

در طبعیت، توده سنگ مطابق تعریف در مهندسی مکانیک سنگ، نمونه‌ای از یک محیط ناهمگن و ناهمسانگرد است. چیزی بندی در پیکره‌توده سنگ است. وجود درزه و لایه‌کند وجود دسته‌که توده‌سنگ را از ماده‌سنگ در مهندسی سنگ متمایز می دسته‌درزه‌های گوناگون و نواحی گسله و برشی در محیط توده‌سنگ علاوه بر کاهش مقاوت توده‌سنگ باعث ایجاد یک مسیر های بحث برانگیز در این محیط توأمانی اندرکنش دو فرآیند مکانیکی و گردند. یکی از چالش‌مناسب برای حرکت سیال می هیدرولیکی در توده‌سنگ ناشی از عملکرد تنش و عکس‌العمل سیال گیر افتاده در درزه‌های سنگ است. از اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ مطالعات گوناگونی در زمینه فرآیندهای توأمان در مهندسی سنگ صورت گرفته است. در مهندسی سنگ مطالعه حرکت جریان سیال در توده‌سنگ درزه‌دار از اهمیت زیادی برخوردار بوده و از جمله نمونه‌های آن می‌توان به مواردی چون، بینی رفتار آب زیرزمینی، نفوذ آب به سازه‌های زیرزمینی و اندرکنش پوشش تونل‌ها و زمین حاوی آب، نفوذ آب اسیدی پیش در استخراج ذغال‌سنگ در معادن زیرزمینی به محیط توده‌سنگ اطراف، انباشت باطله‌های معدنی در سدهای باطله و جلوگیری از نفوذ آلودگی به محیط اطراف، استخراج نفت و گاز از مخازن شکاف‌دار، انرژی زمین‌گرمایی، ذخیره‌سازی نفت و گاز در مخازن زیرزمینی، دفن زباله‌های اتمی و جلوگیری از خروج آلودگی به توده سنگ اطراف محل انباشت زباله، و... اشاره کرد. در این مقاله سعی بر آن بوده که فرآیند هیدرومکانیکی حرکت جریان سیال در توده‌سنگ مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: فرآیند هیدرومکانیکی، حرکت جریان سیال در توده سنگ، فرآیند توأمان در مهندسی سنگ

۱- مقدمه

از اوایل دهه ۱۹۶۰ مطالعات اولیه روی حرکت جریان سیال در توده سنگ آغاز گردید، که تا به امروز با عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی‌های بسیاری روبرو بوده است. از جمله مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به مطالعات آزمایشگاهی اساکی و همکاران[1] در سال ۱۹۹۹ اولسون و بارتن[2] در سال ۲۰۰۱، جینگ و بارتن[3] در سال ۲۰۰۴ اشاره کرد[۱۰] . به طور کلی دو نوع جریان سیال در درزه‌های سنگی متصور است:

۱. حرکت جریان سیال درون شبکه‌ای از ناپیوستگی‌های متصل به هم.
۲. حرکت جریان سیال درون ماتریس سنگی(بلوکها) که معمولاً نفوذناپذیر فرض می‌گردند.

شرط حرکت جریان سیال در توده سنگ وجود درزه‌های مرتبط به هم است و نرخ جریان سیال و هدایت هیدرولیکی با بازشدگی درزه‌ها کنترل می‌شود. باز شدگی موثر یک درزه در قابلیت گذردهی سیال از یک درزه (تراوایی) اثر بسزایی دارد. این بازشدگی در حین بارگذاری و اعمال تنش تغییر می‌کند. نفوذپذیری ماتریس سنگی با تخلخل آن رابطه عکس دارد و این پارامتر در اثر تنش تغییر می‌کند. نفوذپذیری کلی شبکه ناپیوستگی‌های توده سنگ به توپولوژی درزه‌های سنگی(هندسه و ارتباط درزه‌ها) بستگی دارد[۹]. شبکه شکستگی‌ها به عنوان مجاری اصلی عبور جریان سیال در توده سنگ‌های فاقد نفوذپذیری اولیه محسوب می‌شوند. برای درک بهتر مبانی حرکت جریان سیال در توده سنگ درزه‌دار ابتدا باید حرکت جریان سیال در یک شکستگی منفرد در توده سنگ بررسی گردد.

۲- مبانی حرکت جریان سیال در محیط درز و شکاف دار

برای تشریح حرکت جریان سیال در یک توده سنگ درزه دار لازم است تا ابتدا حرکت جریان سیال در یک تک درز به عنوان بخشی از یک شبکه ناپیوستگی در توده سنگ بررسی گردد. بیشتر مطالعات آزمایشگاهی انجام گرفته در تحلیل هیدرومکانیکی جریان سیال در توده سنگ درزه‌دار با استفاده از نمونه‌های دارای یک تک درزه انجام شده است. پام روی و رابینسون[4] در سال ۱۹۶۷ برای اولین بار آزمایش‌های خود را روی نمونه‌هایی مصنوعی با سه دسته درزه متقاطع انجام دادند. حرکت جریان سیال در یک مسیر برای اولین بار به عنوان نمونه در یک لوله یا کانال توسط لومیز[5] در سال ۱۹۵۱ انجام گرفت. در این مطالعات تغییر شکل‌پذیری ناشی از تنش در نظر گرفته نشده بود در حالی که تغییرات ناشی از تنش اعمالی بروی مسیر هدایت جریان می‌تواند تغییرات نرخ جریان را به همراه داشته باشد[۲]. مطالعات آزمایشگاهی دیگری بروی خواص سیال در یک شکستگی منفرد توسط لومیز در سال ۱۹۵۱ و لوئیز[6] در سال ۱۹۶۸ انجام گرفت. نوزیل و تریسی[7] در سال ۱۹۸۱ و تسانگ و براون[8] در سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۸۷ دریافتند که جریان سیال در یک تک درز تابع عوامل زیر است[۲]: زبری سطح درزه، بازشدگی متغیر، میزان بار خارجی وارده به مسیر هدایت جریان، مواد پر کننده درزه‌ها. عوامل موثر و کنترل کننده حرکت جریان سیال و ارتباط آنها در یک شکستگی منفرد در شکل۱-۲ نشان داده شده است[۲].

جریان سیال در توده سنگ به سه عامل مهم بستگی دارد که عبارتند از[۲]:

خواص سیال، هندسه‌ی درزه‌ها و شکافهای توده سنگ، فشار سیال در مرز درزه و شکاف.

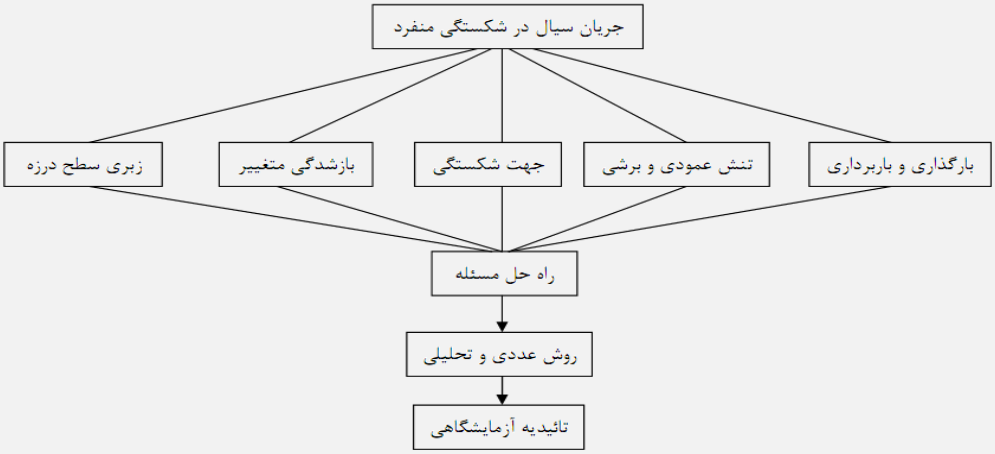
مطالعات اولیه در زمینه حرکت سیال در یک شکستگی منفرد در توده سنگ توسط هوک و بری[9] در سال۱۹۷۷ انجام گرفت [۲]. جریان در شکاف‌های صفحه‌ای سنگ توسط مدل صفحه‌ی موازی ایده‌آل سازی شده است. راه حل تحلیلی جریان ویسکوز خطی بین صفحات موازی سرعت میانگین را بصورت رابطه‌ی (۱) بدست می‌دهد[۳]

$$v = k_f J \qquad (۱)$$

که در آن J گرادیان هیدرولیکی و هدایت هیدرولیکی شکاف بصورت رابطه‌ی (۲) تعریف می‌شود[۳]:

1 -Esaki et al
2 -Barton & Olson
3 -Jing & Barton

4 -pomeroy & Robinson
5 -Lomize
6 -Louis
7 -Neuzil & Tracy
8 -Tsang & Brown
9 -Hoek & Bray



شکل۱- عوامل موثر حرکت جریان سیال در یک شکستگی منفرد [۲] .

$$k_f = \frac{a^2 g}{12\nu} \qquad (۲)$$

a ،عرض شکاف

ν ،ویسکوزیته‌ی سینماتیک سیال

g ،شتاب ثقل است.

نرخ جریان در ازای واحد عرض شکاف نیز می‌تواند بصورت رابطه‌ی (۳) نتیجه شود[۳]:

$$q = va = \frac{a^3 g}{12\nu} J \qquad (۳)$$

که معمولاً به عنوان قانون مکعب جریان[۱۰] نامیده می‌شود.

تا زمانیکه فشار (P) با $g\rho_w h$ (که در آن h هد است) برابر است و ویسکوزیته‌ی دینامیک (μ) با $\nu\rho_w$ برابر است، سپس معادله‌ی(۳) می‌تواند به صورت رابطه‌ی (۴) نوشته شود[۵]:

$$q = -\frac{a^3}{12\mu}\frac{\Delta P}{l} \qquad (۴)$$

l در رابطه ۴ طول درزه است.

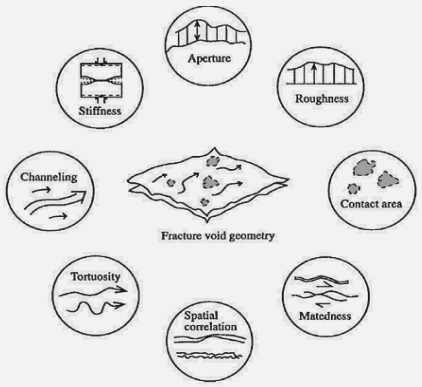
اگر جریان هیدرولیکی در یک شکستگی را همان‌طور که گفته شد با جریان بین دو صفحه موازی مشابه بگیریم، معادله حاکم بر جریان سیال بین دو صفحه موازی برای سیال نیوتنی تراکم ناپذیر از معادله بنیادی ناویر-استوکس[۱۱] به صورت زیر(رابطه۵) تبعیت می‌کند[۱]:

$$\rho\left(\frac{\delta U_i}{\delta t} + \sum_{\lambda=x,y,z} U_\lambda \frac{\delta U_i}{\delta \lambda}\right) = \mu \sum_{\lambda=x,y,z} \frac{\delta^2 U_i}{\delta \lambda} - \frac{\delta P}{\delta i} + \rho g_i \qquad (۵)$$

که در آن i=x,y,z ، r چگالی سیال، Ui مولفه‌ی اسکالر بردار سرعت در امتداد مسیر i ، P فشار سیال و gi مولفه‌ی اسکالر شتاب ثقل در جهت i است.

۳- عوامل موثر در حرکت جریان سیال در یک شکستگی منفرد

در محیط دارای درزه و شکستگی، همانطور که گفته شد شکستگی‌ها بهترین مسیر پتانسیل برای عبور جریان سیال از درون توده سنگ بشمار می‌روند. در بررسی حرکت جریان سیال در توده سنگ عوامل تعیین کننده‌ای در حرکت جریان سیال وجود دارند که از آن‌جمله به طور خلاصه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد. (شکل۲)[۶]: بازشدگی درزه، زبری سطح دیواره‌های درزه، سطح تماس دیواره‌های درزه، ناهمواری و پیچ و خم سطح درزه، قابلیت گذردهی سیال در سرعت‌های مختلف، سختی دیواره‌های درزه.

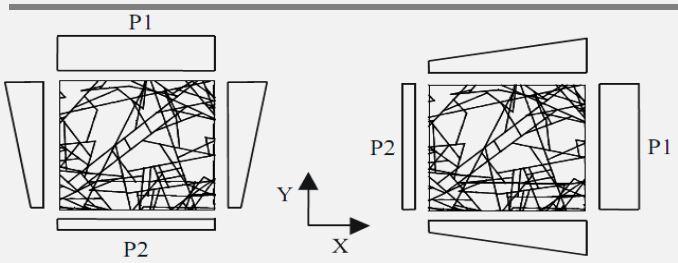


شکل۲- عوامل موثر حرکت جریان سیال در یک شکستگی منفرد

10 -Cubic Law
11 -Navier-Stokes Equation

٤- جریان در محیط درز و شکاف دار

توده سنگ درزه دار به عنوان یک محیط متشکل از شبکه شکستگی‌های متعدد و به جهت داشتن درزه و شکاف محیطی مستعد برای انتقال جریان سیال است. بنابراین در چنین محیطی ارتباط میان درزه‌ها و چگالی شبکه شکستگی‌ها نقش قابل توجهی را ایفا می‌کنند و بهترین مسیر را برای عبور جریان سیال فراهم می‌کنند، که در زمینه حرکت جریان آب در شبکه شکستگی‌ها لی و فارمر۱۲ در سال۱۹۹۳، بردی و براون در سال۱۹۹۴، هربرت۱۳ در سال۱۹۹۶، تسانگ و استفانسون۱۴ در سال ۱۹۹۶ مطالعاتی را انجام دادند[۱]. گذشته از نقش شبکه شکستگی‌های بهم مرتبط در انتقال جریان سیال در توده سنگ، وجود این شکستگی‌ها در کاهش پایداری توده سنگ در مقیاس سازه‌های زیرزمینی نیز موثر است. برای نمونه می‌توان به ریزش ناشی اثر مخرب نفوذ آب به سقف در کارگاه‌های معادن زیرزمینی که با روش استخراج جبهه کار طولانی در حال استخراج هستند اشاره کرد[۱]. برای ایجاد یک الگوی مناسب از شبکه شکستگی‌های بهم مرتبط، به یکسری اطلاعات اولیه مانند، طول شکستگی‌ها، جهت و موقعیت آن‌ها نیاز است. حجم سیال عبوری و دبی خروجی از توده سنگ درزه‌دار تابع ارتباط بین درزه و شکاف‌های توده سنگ است. تحقیقات لانگ و ویترسپون۱۵ در سال ۱۹۸۵ نشان داد که نفوذپذیری توده‌سنگ درزه‌دار تابع الگوی شبکه‌ی شکستگی-های توده سنگ است و نفوذپذیری با توجه به چگالی شبکه شکستگی و تغییر در الگوی ارتباطی درزه و شکاف‌ها تغییر می‌کند[۱]. تحقیقات اخیر که توسط ژنگ و همکاران ۱۶ در سال۱۹۹۶ انجام شده است نشان داد که نفوذپذیری توده سنگ با افزایش ارتباط میان درزه و شکستگی‌های توده سنگ افزایش می‌یابد[۱]. همانطور که پیش از این نیز گفته شد، رفتار هیدرولیکی یک توده سنگ درز و شکاف‌دار با زمینه نفوذ ناپذیر به طور کامل توسط هندسه سیستم درزه‌ها کنترل می‌شود. که این خصوصیات هندسی عبارتند از: جهت، فراوانی، طول اثر و بازشدگی موثر. بنابراین اولین قدم برای بررسی جریان در یک توده سنگ درز و شکاف دار تهیه مدل درز و شکاف در توده سنگ می‌باشد[۱]. جهت درزه‌ها معمولاً



شکل ۳- شرایط مرزی یک مدل عددی برای تعیین ضریب تراوایی[۴].

از توزیع آماری فیشر۱۷ یا آرنولد۱۸ تبعیت می‌کند و طول درزه‌ها که نماینده‌ی اندازه‌ی آنها می‌باشد، توسط قانون فرکتال، توزیع نمایی یا توزیع لانگ نرمال۱۹ قابل بررسی است. ماهیت اتفاقی۲۰ دارد و توسط توزیع پوآسون تعیین می‌شود. بازشدگی درزه‌ها به روش مستقیم(بازشدگی مکانیکی) و غیرمستقیم (بازشدگی هیدرولیکی) قابل اندازه‌گیری می‌باشد[۱].

پس از تعیین خصوصیات هندسی درزه‌ها مدل شبکه درزه و شکاف‌های محیط به روش‌های آماری انجام می‌گیرد. برای این منظور در ابتدا یک چارچوب در نظر گرفته می‌شود. سپس تولید درزه برای هر دسته درزه به طور مجزا انجام می‌شود. در این فرآیند در ابتدا با استفاده از توزیع اتفاقی پوآسون موقعیت مرکز هر درزه تعیین می‌گردد. در مرحله بعد امتداد شیب و مقدار شیب بر اساس توزیع فیشر و با توجه به مقدار ثابت فیشر هر دسته درزه معین می‌شود. پس از آن طول درزه به صورت اتفاقی و بر اساس توزیع طول اثر درزه‌های هر دسته درزه تولید می‌گردد[۱]. این فرآیند در مورد هر دسته درزه تا زمانیکه فرآوانی دسته درزه‌ی مورد بررسی در یک امتداد خاص به دسته درزه‌ها به طور جداگانه انجام می‌شود و در نهایت از انطباق آنها مدل شبکه درز و شکاف توده سنگی مورد بررسی نتیجه می‌شود[۱]. پس از تهیه مدل شبکه درز و شکاف‌ها برآورد ضریب تراوایی امکان پذیر می‌گردد. برای این منظور قطعه‌ای از شبکه تولید شده انتخاب و شرایط مرزی اطراف آن به صورت (شکل۳) در نظر گرفته می‌شود.

نرخ جریان عبوری از قطعه در جهت yوx یک بار برای حالتی که شیب هیدرولیکی در جهت x ثابت باشد و بار دیگر برای حالتی که شیب هیدرولیکی در جهت y ثابت باشد محاسبه می‌شود. برای محاسبه مقدار جریان ابتدا هد هیدرولیکی

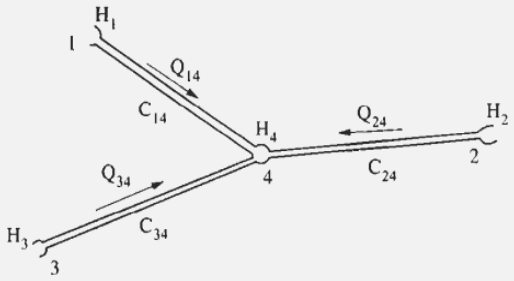
[12] -Li & Farmer
[13] -Herbert
[14] -Tsang & Stephanson
[15] -Lang & Witherspoon
[16] -Zhang et al

[17] -Fisher
[18] -Arnold
[19] -Long Normal Disturbution
[20] -Stochastic

گره‌های مرزی به روش سعی و خطا و براساس معادله (۶) محاسبه می‌شود (گره‌ها محل برخورد درزه‌ها هستند).

$$H_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij} H_j}{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}} \qquad (۶)$$

که در رابطه ۶ : n تعداد گره‌هایی است که با گره‌ی j ارتباط هیدرولیکی دارند. این رابطه از تلفیق قانون مکعب و قانون کیرشهف(جمع جریان ورودی به هر گره با جمع جریان خروجی از آن برابر است) حاصل شده است.



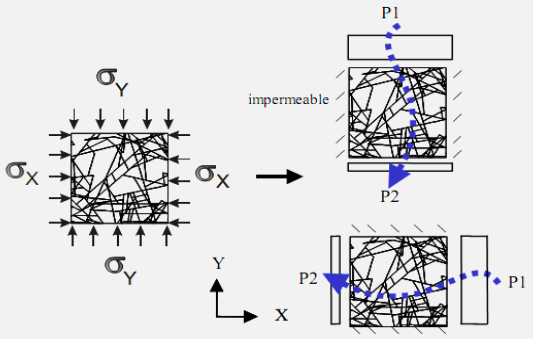
شکل ۴- جریان سیال در گره‌های ناپیوستگی[۴].

پس از تعیین فشار در هر گره مقدار جریان عبوری از هر درزه و در نهایت کل جریانی که به ازای شرایط مرزی در نظر گرفته شده از هر ضلع به ضلع مقابل انتقال می‌یابد بر اساس رابطه ۶ محاسبه می‌شود(شکل۴). در مرحله بعدی ضریب تراوایی معادل سیستم در یک جهت معین از رابطه دارسی[۲۱](رابطه۷) به صورت زیر بدست می‌آید[۱]:

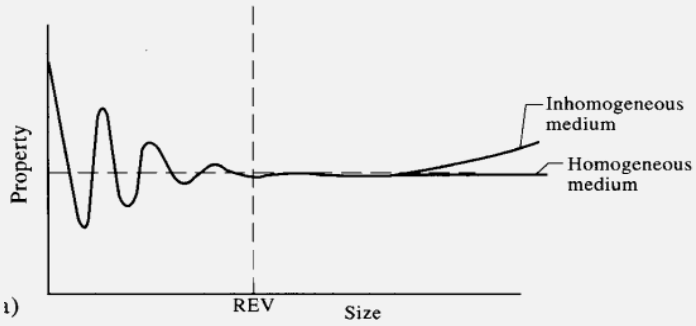
$$Q_p = -k_{pq} \frac{g}{\nu} A_p \frac{\partial H}{\partial x_P} \qquad (۷)$$

که در آن Q_p جریان کل در جهت p ، A_p سطح مقطع عبور جریان، k_{pq} تانسور تراوایی و $\frac{\partial H}{\partial x_P}$ شیب هیدرولیکی در جهت p می‌باشد.

اندازه‌ی قطعه انتخاب شده بر مقدار ضریب تراوایی معادل آن اثر داشته لذا تاثیر تغییر اندازه قطعه انتخاب شده بر مقدار ضریب تراوایی محاسبه شده با تکرار مراحل فوق برای قطعات با ابعاد مختلف بررسی می‌گردد. حداقل اندازه قطعه نمونه از شبکه درز و شکاف که با زیاد شدن ابعاد آن ضریب تراوایی محاسبه شده تغییر قابل ملاحظه‌ای از خود نشان نمی‌دهد(شکل۶)، را المان حجم معرف یا REV[۲۲] می‌گویند[۴].



شکل ۵-شرایط مرزی یک مدل عددی برای تعیین ضریب تراوایی[۴].



شکل۶- المان حجم معرف [۴].

۵- تئوری توأمان:

وجود سیال در ماده‌ی متخلخل رفتار مکانیکی محیط متخلخل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این همچنین فاکتور وابسته به زمان برای پاسخ مکانیکی در اثر طبیعت انتشاری گسترش فشار را ارائه می‌کند. افزایش یا کاهش فشار سیال سبب انبساط یا انقباض محیط متخلخل می‌شود و تراکم یا انبساط سنگ متخلخل افزایش یا کاهش در فشار سیال را نتیجه می‌دهد. تغییر در فشار سیال یا تنش نیز بر خواص جریان تأثیر می‌گذارد.

مدل‌سازی فعل انفعال ما بین سیال و سنگ نیازمند سیستم توأمانی از روابط ریاضی می‌باشد. این مفهوم بصورت ریاضی به شیوه‌ی زیر نشان داده می‌شود:

$$\varepsilon = f(p, \sigma) \qquad (۸)$$

$$\overrightarrow{V_f} = f(p, \sigma) \qquad (۹)$$

که در آن:

ε تانسور کرنش محیط متخلخل، $\overrightarrow{V_f}$ سرعت سیال، p فشار منفذی، σ تانسور تنش کلی می‌باشند.

21 -Darcy's Law
22 -Representative Elemental Volume

اگر سیالی در محیط متخلخل وجود نداشته باشد، رابطه‌ی (۸) به رابطه‌ی کلی الاستیک تبدیل می‌شود. به شیوه‌ی مشابه، رابطه‌ی (۹) به شرط اینکه از متغیر تنش صرف نظر شود نشان دهنده‌ی رابطه‌ی کلی جریان سیال است[۸]. در کل این مجموعه از معادلات بطور توأمان حل می‌شوند. به هرحال از روش تکرار کردن می‌توان به منظور دست‌یابی به نتیجه‌ی مشابه استفاده کرد. در این تکنیک معادلات جریان و ژئومکانیکی در روش تکراری، بطور جداگانه و با استفاده از تعدادی پارامترهای توأمان حل می‌شوند. مهندسین نفت سایر روشهای توأمان بین معادلات جریان و ژئومکانیک را براساس نیاز و درجه‌ی دقت دستیابی، گسترش دادند.

۶- فرآیند توأمان هیدرومکانیکی

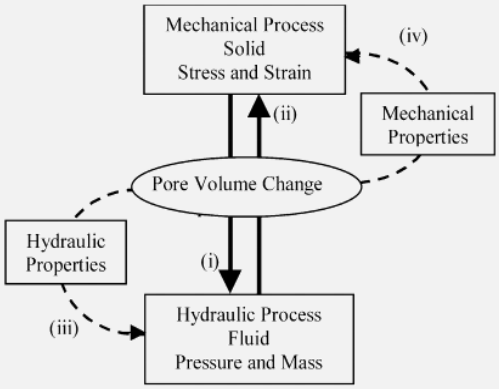
از اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ توأمانی هیدرومکانیکی(اندرکنش بین دو فرایند هیدرولیکی و مکانیکی) در سنگ‌های خرد شده در مهندسی سنگ مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به پیشرفت صورت گرفته در تکنولوژی کامپیوتر در از اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ شبیه‌سازی فرآیند توأمان هیدرومکانیکی بیشتر مورد توجه گرفت. با توجه به کاربری توأمانی هیدرومکانیکی در بسیاری از فعالیت‌های مهندسی یکی پارامترهای کلیدی باید به آن توجه کرد ارتباط بین تنش و نفوذپذیری است[۷]. همان‌طور که در فصل قبل نیز به آن اشاره شد، در اعماق کم اثر تنش بر نفوذپذیری سنگ‌های خرد شده قابل توجه است و این مقدار تا یک عمق معین ادامه دارد و با افزایش عمق تغییری در نفوذپذیری سنگ دیده نمی‌شود. بهترین تعبیر از فرآیند توأمان هیدرومکانیکی، اندرکنش فیزیکی بین فرآیندهای هیدرولیکی و مکانیکی در توده سنگ است. در مهندسی سنگ علت توجه بیشتر به این فرآیند وجود مکانیسم مناسب در توده سنگ است[۷]. در بعد مکانیکی محیط توده سنگ دارای درزه و شکاف‌های مرتبط بسیاری است که حرکت سیال را تسهیل می‌کند و به آغاز فرآیند هیدرولیکی در بعد دوم کمک می‌کند و در نهایت با تغییرات بار خارجی وارده به محیط متخلخل، دارای درزه و شکاف تغییر شکل نیز صورت می‌گیرد [۷].

بسته به سرعت اعمال بار خارجی وارده به محیط متخلخل نحوه‌ی عکس‌العمل توده سنگ نیز متفاوت است. در صورتی که بار خارجی وارده به سرعت به توده سنگ وارد شود، حفرات حاوی سیال و مجرای عبوری جریان دچار تغییر شکل شده و این امر باعث افزایش فشار منفذی در محیط می‌گردد، که علت اصلی آن کاهش حجم منافذ و گیر افتادن سیال در درزه شکاف‌های توده سنگ است و سیال فرصتی برای فرار پیدا نمی‌کند. این نوع از فرآیند هیدرومکانیکی به فرآیند هیدرومکانیکی زهکشی نشده معروف است[۷]. چنان‌چه نیروی وارده به محیط توده سنگ به آرامی اعمال شود با توجه به فرصتی که سیال برای فرار از درزه شکاف پیدا می‌کند و عدم افزایش فشار سیال به فرآیند هیدرومکانیکی زهکشی شده معروف است. لازم به ذکر است که کاهش در فشار سیال در محیط متخلخل باعث بروز نشست تدریجی می‌گردد[۷]. در تئوری توأمانی فرآیندهای بالا را به اصطلاح فرآیندهای هیدرولیکی مستقیم می‌نامند. در واقع این نوع فرآیند هیدرومکانیکی در نتیجه اندرکنش سیال منفذی اتفاق می‌افتد و خود بر دو نوع ذیل دسته‌بندی می‌گردد (وانگ، ۲۰۰۰) [۷]:

۱- توأمانی جامد-سیال: زمانی اتفاق می‌افتد که تغییرات ایجاد شده در میدان تنش باعث تغییر تنش در سیال و توده سیال شود.
۲- توأمانی سیال-جامد: زمانی اتفاق می‌افتد که فشار منفذی سیال و نیروی آن باعث تغییر شکل محیط متخلخل شود.

تغییر در حجم فضای متخلخل اشباع از سیال باعث تغییر در بازشدگی دهانه‌ی منافذ و درزه‌ها می‌شود. با توجه به این تغییر شکل حجم سیال عبوری از مسیرهای گوناگون نیز به طبع آن متفاوت خواهد بود. این اندرکنش بین خواص مکانیکی و هیدرولیکی توده سنگ باعث بروز پدیده‌ی فرآیند هیدرومکانیکی غیرمستقیم می‌شود. این فرآیند نیز به دوسته ذیل تقسیم‌بندی می‌گردد[۷]:

۳- توأمانی جامد-سیال: زمانی که تنش اعمالی به محیط توده سنگ باعث تغییر خواص هیدرولیکی سیال می‌شود.
۴- توأمانی سیال-جامد:زمانی که فشار سیال باعث بروز تغییراتی در خواص مکانیکی محیط توده سنگ می‌شود. لازم به ذکر است که شماره دسته‌بندی‌ها بر اساس ارتباط این فرآیندها که در شکل۳-۳ به تصویر کشیده است می‌باشد.



شکل ۷- ارتباط فرایندهای توأمان هیدرومکانیکی در مهندسی سنگ [۷]

۷- نتایج بدست آمده:

۱- بررسی رفتار هیدرومکانیکی در توده سنگ درزه و شکافدار امروزه در مهندسی مکانیک سنگ به یک ضرورت بدل شده است.

۲- در شبیه سازی فرآیند هیدرومکانیکی توده سنگ داشتن اطلاعات دقیق ژئومکانیکی از توده سنگ، موقعیت دسته درزه‌ها، خواص هندسی درزه‌ها الزامی است.

۳- مطالعات مربوط به آب زیرزمینی در پروژه‌های عمرانی به خصوص سازه‌های هیدرولیکی از اهمیت زیادی برخودار است.

۴- علم شبیه‌سازی عددی امروزه با پیشرفت‌هایی که در این زمینه صورت گرفته است به یکی از ابزار قدرتمند در تولید مدل‌های توأمان بدل شده است.

۵- در طراحی‌های مهندسی به خصوص سازه‌های زیرزمینی، در نظر گرفتن توأمانی اندرکنش فرآیندهای هیدرولیکی و مکانیکی از اهمیت زیادی برخوردار است.

فهرست منابع:

[1] رییسی، عزت‌اله، زارع ،محمد، زارعی، مهدی،(۱۳۸۴)، برآورد ضریب تراوایی معادل سازندهای سخت درز و شکاف دار با استفاده از مدل شبیه سازی شبکه‌ی شکستگی‌های توده سنگی،مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران،دانشگاه تربیت معلم ایران،ص۲۱۹-۲۲۲

[2] B. INDRARATNA, P.G. RANJITH and W. GALE,(1999), “Single phase water flow through rock fractures”, Geotechnical and Geological Engineering, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands,215-226

[3] J. Zhang , W. B . Standifird 1 , J.-C. Roe giers , and Y. Zhang,(2006), “ Stress-Dependent Fluid Flow and Permeability in Fractured Media: from Lab Experiments to Engineering Applications”, Rock mechanics and Rock Engineering Journal,12-13

[4]Ki-BokMin ,J.Rutqvist,Chin-FuTsang,LanruJing,(2004)“StressDependant Permeability of fractured Rock mass: A numerical Study” , International Journal of Rock mechanics and Mining Sciences, 1191-1194

[5] R,Olson,N.Barton,(2000),”An improvedmodel for hydromechanical coupling during shearing of rock joints”,International Journal Of Rock mechanics&Mining Sciences,317-319

[6]Rutqvist, Jonny, Stephansson, Ove ,(2003), “The Role of Hydromechanical Coupling In Fractured Rock Engineering” Hydrogeology Journal,7-17.

[7] Samier, P., Onaisi, A., and Fontaine, G., (2003), “Coupled Analysis of Geomechanics and Fluid Flow in Reservoir Simulation”, paper SPE 79698 presented at the SPE Reservoir Simulation Symposium, Houston, TX.

[8] Shimo, M., and Long, J., (1987), “A Numerical Study of Transport Parameters in Fracture Networks”, In: Evans D D & Nicholson T J (ed) Flow and Transport Through Unsaturated Rock, Geophysical Monograph 42, American Geophysical Union, 121-132.

[9] Walsh, J.B., (1981), “Effect of Pore Pressure and Confining Pressure on Fracture Permeability”, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 18, 429-435.

[10] Yardley, B.W.D., (1983), “Quartz Veins and Devolatilization During Metamorphism”, J. Geol. Society of London, 140, 657-663.

معرفی روش میخ‌کوبی(Nailing) در نگهداری گودهای شهری

احمدرضا مشهدی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مقدمه

با توجه به روند رو به رشد جمعیت، بحث کاربری اراضی برای استفاده بهینه از زمین، بیش از هر زمانی مشهود می‌باشد. از این رو ساخت و ساز مجتمع‌های بزرگ مسکونی و تجاری در شهرها(به خصوص در کلان شهرها) و مناطق آزاد در حال توسعه، ناگزیر مشمول همین رشد می‌باشند. اهمیت بالای چنین سازه‌هایی از لحاظ فنی و اقتصادی، بررسی ژئوتکنیکی بسیار دقیق‌تری را از لحاظ ظرفیت باربری، نشست و پایداری می‌طلبد. یکی از ابتدایی‌ترین و بنیادی‌ترین مسئله‌ای که در ساخت این سازه‌ها با آن مواجه هستیم، نحوه گودبرداری و پایدارسازی دیواره‌های گود در محل احداث این سازه‌ها می‌باشد.

از طرف دیگر به علت حجم زیاد گودبرداری‌های صورت گرفته در سطح کشور برای سازه‌های مختلف، اجرای گودبرداری به شیوه صحیح مسئله‌ای است که باید به آن توجه ویژه‌ای اتخاذ نمود؛ چرا که سالانه به علت گودبرداری نامناسب و ریزش دیواره‌های گود، حوادث دلخراشی به گوش می‌رسد که خسارات جانی و مالی زیادی به دنبال دارد. لذا مطالعه بیشتر و دقیق‌تر وهمچنین اجرای هرچه بهتر و دقیق‌تر گود طبق اصول آیین‌نامه‌ای و نیز تحلیل پایداری آن ضروری می‌باشد.

. تاریخچه

میخ‌کوبی خاک برای اولین بار در ساخت دیوار حائل دائمی در خاک نرم در فرانسه استفاده شد. در آن پروژه که درسال ۱۹۶۱ در حال انجام بود، از میخ‌های فولادی برای تسلیح دیوار حائل استفاده شد. اولین دیوار که با فناوری جدید میخ‌کوبی اجرا شد در سال ۱۹۷۲ در نزدیکی Versallies بوده است. در این روش میخ‌ها با تزریق دوغاب جایگذاری شده و سپس نمای کار با بتن مسلح پوشانده شد.

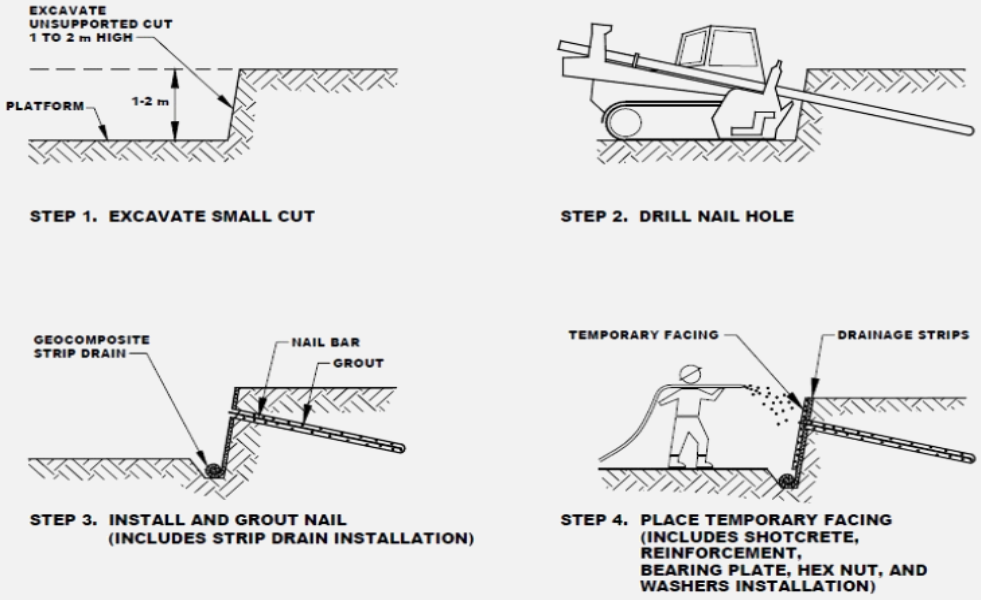
هم اکنون از این روش در پایدارسازی موقت و دائمی حفاری‌ها و دیوارها استفاده می‌شود. در میخ‌کوبی خاک، در بسیاری موارد، هزینهٔ اجرا بسیار پایین آمده و این موضوع یکی از دلایل گسترش فناوری میخ‌کوبی می‌باشد. در سال ۱۹۹۶ ، اداره راه آمریکا FHWA، دستورالعمل طراحی میخ‌کوبی را منتشر نمود.

کلیات اجرایی در میخ‌کوبی خاک‌ها

میخ‌کوبی خاک روشی است که در آن، خاک به صورت درجا تسلیح می‌شود. المان‌های غیرفعال به داخل خاک کوبیده می‌شوند تا مقاومت برشی خاک را بالا ببرند. چون میخ‌ها پیش‌تنیده نمی‌شوند، به آنها المان‌های مقاوم گفته می‌شود. وقتی ترانشه تمایل به حرکت به سمت جلو دارد میخ‌ها فعال شده و به کشش می‌افتند. در بسیاری موارد، لایه بتن نیز به عنوان نمای موقتی یا دائمی روی سطح کار اجرا می‌شود. قابل ذکر است که مهندس طراح، همواره باید با توجه به نوع کار و شرایط محل، اجرای میخ‌کوبی شامل عمق فرو رفت میخ‌ها و زاویه را به خوبی بررسی کند و مطمئن شود که طرح مورد نظر، پایداری کافی را فراهم می‌کند. زهکش‌ها باید همواره به دقت طرح ریزی و اجرا گردند.

سه گام اصلی در ساخت دیوارهای میخ‌کوبی شده وجود دارد:

- حفاری کم عمق(تا عمقی که پایداری بدون محافظت تامین باشد)
- اجرای بتن پاشی(شاتکریت)
- حفاری، نصب و جا گذاری میخ‌ها



شکل ۱: مراحل اجرای میخ‌کوبی

تاثیر آب و خاک در میخ‌کوبی

عمق حفاری لایه‌ها به قابلیت پایداری خاک بودن استفاده از المان‌های نگهداری بستگی دارد. سنگ‌های هوازده، سیلت و رس با پلاستیسیته کم که مستعد خزش نمی‌باشند، شن و ماسه سیمانته شده، برای میخ‌کوبی، خاک‌های مناسبی هستند و خاک‌های لایه لایه و غیر همگن و برخی از ماسه‌های همگن ریزدانه و رس نرم و پلاستیک، خاک‌های نباتی و خاک‌های شل (با دانستیته پایین) اشباع، شن و ماسه درشت دانه که سیمانته نباشد، برای میخ‌کوبی، خاک‌های مناسبی نمی‌باشند. با توجه به این مسائل مشاهده می‌شود که تحلیل و بررسی خاک قبل از میخ‌کوبی ضروری می‌باشد.

بر اساس بند ۲,۵,۲ آیین نامه FHWA بخش Soil-Nail Walls و با توجه به ترکیب درشت دانه خاک به همراه چسبندگی مناسب ناشی از سمنتاسیون، این نوع خاک جهت اجرای عملیات Nailing بسیار مناسب می‌باشد.

مشخصات میخ‌ها

میخ‌هایی که در میخ‌کوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در برابر کشش، فشار و برش مقاومت دارند و تنش‌ها را به خاک منتقل می‌کنند. در طراحی گود علاوه بر روش‌های تحلیلی، از روش تحلیل تعادل حدی و نیز روش‌های عددی استفاده می‌شود تا از عملکرد مناسب میخ‌ها در کنترل لغزش و حفظ پایداری گود اطمینان حاصل شود. میخ‌هایی که در ساخت و ساز استفاده می‌شوند اغلب میله‌های فولادی هستند که مقاومت کششی، برشی و خمشی دارند. طول میله‌ها غالباً برابر با ۶۰-۸۰ درصد ارتفاع دیوار (بسته به شرایط خاک) می‌باشد.

جایگذاری و نصب میخ‌ها

طراحی متناسب با مشخصات خاک محل، مشخص کننده محل میخ‌هاست. اصولاً از میخ‌هایی با طول و سطح مقطع مساوی در فواصل مساوی استفاده می‌شود. در کل برای میخ‌های کوبیدنی و تزریقی، یک میخ در جهت قائم و یک میخ در جهت افق قرار داده می‌شود. زاویه تمایل نسبت به افق نیز ۱۰ درجه می‌باشد. طول میخ‌ها به عوامل مختلف بستگی دارد، که شامل مقاومت خاک، چسبندگی میخ و خاک و بار وارد بر سیستم می‌باشد.

تجربیات وسیعی در اروپا نشان می‌دهد که باید در ۲/۳ ارتفاع فوقانی دیوار از میخ‌های طویل‌تری استفاده کرد. همانطور که تحقیقات نشان می‌دهد، این نوع اجرا، سبب کاهش جابجایی در دیوار می‌گردد.

خاک‌های خورنده

ممانعت از خوردگی در سازه‌های دائمی و در خاک‌های خورنده ضروری می‌باشد. خاک‌های خورنده به خاک‌هایی گفته می‌شود که PH کمتر از ۴/۵ و مقاومت ویژه کمتر از ۲۰۰۰ ohm-cm دارند و میزان سولفات موجود بیش از ۲۰۰ ppm، و کلرید بیش از ۱۰۰ ppm می‌باشد. در چنین شرایطی محافظت در برابر خوردگی ضروری می‌باشد. روشی که در برخی پروژه‌ها برای محافظت از خوردگی پیشنهاد

شده، شامل استفاده از میخ‌های با دو لایه محافظ می‌باشد که در آن میخ‌ها محافظت شده است. روش بکارگیری فولاد اضافی(Sacrifice Thicknes) و اصلاح طرح اختلاط دوغاب سیمان نیز روش مناسبی برای حفاظت شیمیایی می‌باشد.

پوشش دو لایه، حتی وقتی ترک کوچکی در سیمان ایجاد شده باشد از خوردگی جلوگیری می‌کند. این نوع حفاظت در سازه‌های موقتی با عمر بیش از ۳۰ سال در خاک‌های خورنده و سازه‌های دائمی به خوبی کاربرد دارد.

پوشش اپوکسی یا دوغاب، نسبت به حفاظت دو لایه پرهزینه‌تر و کم کاربردتر می‌باشد. بعضاً در سازه‌های با عمر مفید کمتر از ۱۰ سال از میخ‌های گالوانیزه استفاده می‌شود.

تزریق

معمولاً از دوغاب سیمان با نسبت آب به سیمان۰/۵-۰/۶۷ استفاده می‌شود. در بسیاری از موارد برای حفاری گودها روش بتن‌ریزی ترمی نتیجه خوبی می‌دهد. در برخی کشورها، گاهی میخ‌ها با لوله‌های تزریق مجدد جاگذاری می‌کنند و دوغاب را تحت فشار تزریق می‌کنند که با گسیختگی دوغاب اولیه چسبندگی بهتری بین دوغاب و خاک حاصل می‌شود. روش استفاده از تزریق دوغاب با دو شیلنگ رفت تزریق و برگشت هوا و پس از آن اعمال فشار تا سطح ۴ بار در مراحل اجرایی پیش‌بینی شده است.

نما

در ابتدا نمای بتنی(شاتکریت) به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر با یک ردیف مش اجرا می‌شود و سپس میخ‌ها نصب و تزریق می‌شوند. این روش، کلی‌ترین روش اجرای دیوار نمای موقت می‌باشد. تجربیات در فرانسه نشان می‌دهد که نیروی میخ‌ها در نما از ۳۰ تا ۴۰ درصد نیروی حداکثر میخ‌ها تجاوز نمی‌کند. در نتیجه، توصیه می‌شود که دیوارنما برای فشار یکنواخت برابر ۶۰ درصد نیروی حداکثر میخ‌ها (میخ‌هایی که حداکثر فاصله آنها ۳ فوت باشد) طراحی گردد. برای دیوارهایی که فاصله میخ‌ها بیشتر است (به طور مثال ۱۰ فوت)، طراحی باید برای ۱۰۰ درصد نیروی حداکثر میخ‌ها انجام گیرد.

مراحل احداث سیستم میخ‌کوبی در گودبرداری‌ها

گودبرداری که عموماً به عمق ۱/۵ تا ۲/۵ متر انجام می‌شود، اما بسته به نوع خاک می‌تواند بیشتر و یا حتی کمتر باشد. در این مرحله، خاک باید پایدار بماند، لذا باید چسبندگی موقت در خاک وجود داشته باشد.

ساخت‌نما (جهت جلوگیری از ریزش خاک بین میخ‌ها) عموماً یک شبکه فلزی برروی دیوار نصب می‌گردد و سپس عملیات بتن‌پاشی بر روی آن انجام می‌شود.

شکل۲: اجرای شاتکریت

دیوار نما در سیستم‌های میخ‌کوبی خاک

دیوار نما در سیستم‌های میخ‌کوبی خاک نقش باربری ندارد. زیرا نیروی کششی منتقل شده به انتهای میخ بسیار کمتر از حداکثر نیروی کششی در میخ‌ها می‌باشد.

دیوار نما،به منظور تامین پایداری درجای خاک در فواصل بین میخ‌ها و محافظت آنها در برابر فرسایش و همچنین محدودکردن میزان تورم و تغییر شکل ناشی از باربرداری بعد از حفاری می‌باشد.

پوشش متداول دیوارها

پوشش بتنی در کارهای پایدارسازی دائمی: به ضخامت ۱۱ تا ۲۵ سانتی متر برای سازه‌های نگهبان موقت، زیرا بتن پاشیده شده دارای دوام کافی نمی‌باشد.

شبکه مش فولادی جوش شده : پوششی برای کارهای موقت یا محل‌های سنگ شکسته می‌باشد.

پوشش بتنی و فولادی : بتن مسلح که درجا قالب‌بندی و اجرا می‌شود، بیشتر استفاده دائمی دارد.

پانل‌های پیش ساخته بتنی یا فلزی جهت استفاده دائم است. در اکثر مواقع بتن پاشی در ۲ مرحله ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر اجرا می‌شود. اولین مرحله بلافاصله بعد از حفاری زمین و مش‌بندی و دومین مرحله بعد از نصب میخ‌ها در خاک اجرا می‌گردد. بتن با فشار زیاد توسط نازل (nozzle) به سطح مش پاشیده می‌شود. جهت گیرش سریع، از مواد زودگیر کننده استفاده می‌شود.

ویژگی‌های بتن شاتکریت

مقاومت ۷ روزه حداقل ۱۵۰ تا ۱۸۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع

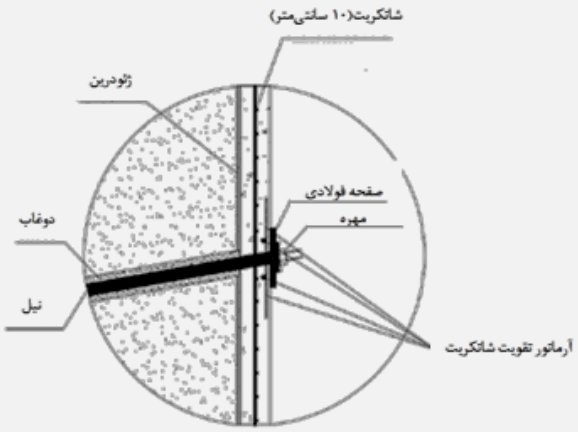
مقاومت ۲۸ روزه حداقل ۲۱۰ تا ۲۸۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع

W/Cحداکثر ۰/۶۷- ۰/۵

اجزای میخ‌ها

اجزای میخ‌ها شامل سر میخ یا مهار، صفحه (تخت و بشقابی)، مهره (ته صاف، ته گرد) می‌باشد. قسمتی از میخ محور مهره همواره باید عمود بر صفحه باشد.

شکل۳: میخ کارگذاری شده



شکل۴: جزئیات سر میخ

انواع میله‌ها جهت استفاده به عنوان میخ و انکر

انواع میله‌های مورد استفاده در میخ‌ها به صورت میلگردهای آجدار و میخ‌های خودحفار و میله‌های مورد استفاده در انکرها به صورت میلگردهای آجدار و استرند می‌باشد.

میلگرد آجدار

میلگردها را به دلیل امکان رزوه کردن می‌توان در هر نقطه با کوپلر به هم متصل کرد. به دلیل وجود رزوه نیروی درون میله مستقیماً به دوغاب می‌رسد و نیاز به حمل قطعات بلند نیست و به راحتی می‌توان قطعات را به هم سوار کرد.

میخ‌ها و مهارهای خود حفار

میخ‌ها و مهارهای خود حفار در خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده استفاده می‌شود. مزایای این روش عبارتند از: نیاز به فضای کم جهت حفاری و صرفه‌جویی زیادی در هزینه (چون حفاری یکباره انجام می‌شود)، از حفره‌ی میخ‌ها برای تزریق دوغاب بعد از حفاری استفاده می‌شود، هنگامی که خاک ریزشی می‌باشد در کیفیت تزریق در اطراف میخ بحث و تردید وجود دارد.

دوغاب

از سیمان پرتلند و هم‌چنین مواد افزودنی برای بالا بردن روانی(در صورت نیاز) استفاده می‌شود.

سرمته

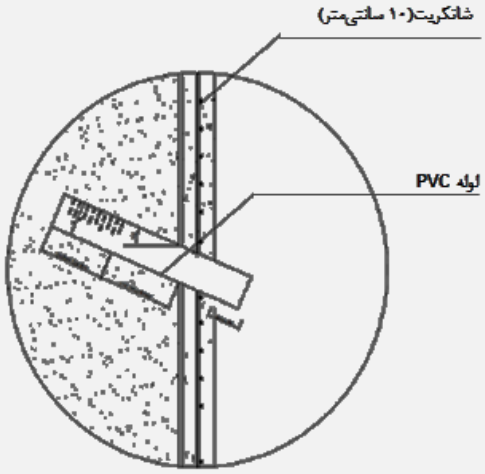
انتخاب سرمته بستگی به نوع زمین دارد. در خاک‌های ریزشی و خاک‌های سخت سرمته‌های متفاوت استفاده می‌گردد.

زه‌کشی دیوارهای میخ‌کوبی شده

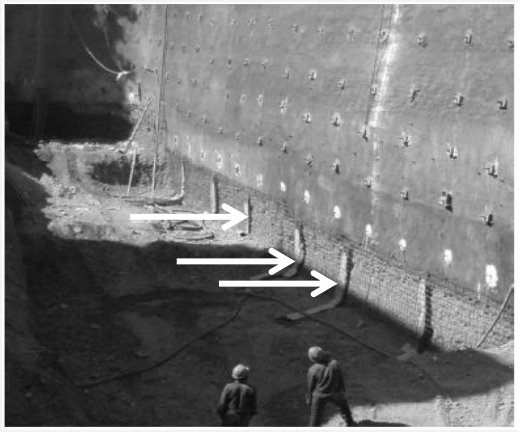
عملکرد سیستم زه‌کشی باید به‌گونه‌ای باشد که از ایجاد فشار هیدرواستاتیکی اضافی ناشی از تجمع آب در پشت شاتکریت جلوگیری کند.برای زه‌کشی از دو روش Weep Hole و فیلترهای زه‌کشی استفاده می‌شود.

فیلترهای زه‌کشی، نوارهای زه‌کشی هستند که به عرض ۲۵ سانتی‌متر و در فواصل ۳ متری هم، با پیشروی ساخت، از بالا به پایین پشت دیوار بتنی پوشش میخ‌ها اجرا می‌شوند. این نوارها حتی اگر سطح آب زیرزمینی پایین باشد نیز برای جلوگیری از تجمع آب ناشی از بارندگی، فاضلاب خانه‌ها و ... اجرا می‌شوند.

همچنین درخاک میخ‌کوبی شده می‌توان از لوله‌های پلاستیک سوراخ‌دار با زاویهٔ کمی بالاتر از سطح افق (Weep Hole) در فاصله بین زهکش‌های سطحی برای خارج کردن آب از پشت شاتکریت استفاده کرد. طبق توصیه آیین نامه، این Weep Holeها به ازای هر ۱۰ متر مربع سطح شاتکریت، یک عدد مطابق مشخصات فنی ارائه شده اجرا می‌گردد. موقعیت دقیق آنها با توجه به شرایط اجرایی در سایت و حفظ معیار فوق، قابل تعیین می‌باشد.



شکل۵: جزییاتWeep Hole



شکل۶: سیستم زهکشی سطحی

رفتار سیستم‌های میخ‌کوبی خاک

در سیستم‌های میخ‌کوبی و سیستم‌های مهار خاک، نیروی مقاومتی اصطکاک سطح مصالح تسلیح است که از تغییر شکل جانبی خاک (سازه) جلوگیری می‌کند در واقع آزمایشات نشان داده که موقعیت حداکثر نیروی کششی در مصالح تسلیح در این دو سیستم مشابه است این تحلیل خاک را به دو قسمت فعال و مقاوم تقسیم می‌کند.

در نگاه کلی به سیستم‌های خاک مسلح میخ‌کوبی شده و سیستم‌های مهار خاک این نتیجه حاصل می‌شود که در دسته اول لازمه باربری، موثر واقع شدن مصالح تسلیح تغییر شکل سازه است اما در دسته دوم لازمه باربری مصالح تسلیح، پیش‌تنیدگی مصالح تسلیح در حین اجرا است.

در واقع گسیختگی مصالح تسلیح و یا همان گسیختگی در خاک مسلح تحت عوامل زیر است:

الف) گسیختگی مصالح تسلیح به دلیل مقاومت کم این مصالح

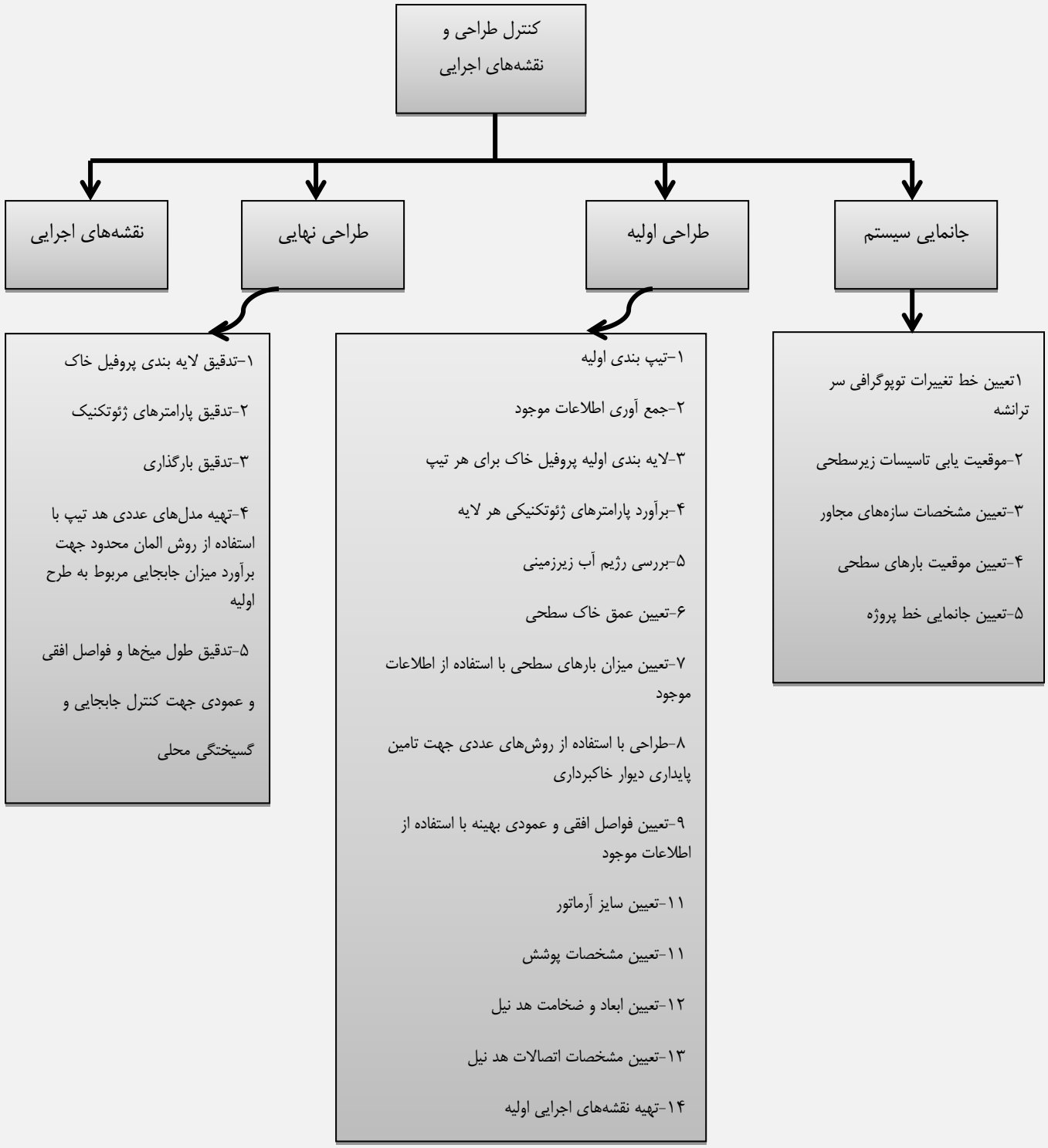
ب) از جا درآمدگی مصالح تسلیح به علت ناگافی بودن سطح موثر اصطکاکی مصالح

پارامترهای مؤثر بر رفتار سیستم میخ‌کوبی خاک

- تغییر شکل پذیری طولی: اثر شکل پذیری مصالح تسلیح به این صورت است که باعث تغییر شکل‌های جانبی در توده خاک شده این تغییر شکل‌ها به اندازه‌ای هستند که مقاومت برشی خاک را در قسمت فعال خاک بسیج نماید.
- زاویه مصالح تسلیح نسبت به سطح پتانسیل لغزش: حداکثر افزایش مقاومت برشی ماسه هنگامی اتفاق می‌افتد که جهت قرارگیری مصالح تسلیح، بسیار نزدیک به جهت اصلی تغییرات کرنش کششی بوجود آمده در خاک باشد، بلعکس هنگامی که جهت قرارگیری مصالح تسلیح نزدیک به جهت اصلی تغییرات کرنش فشاری خاک باشد مقاومت برشی ماسه کاهش می‌یابد.

مصالح تسلیح از دو طریق باعث افزایش مقاومت خاک می‌شوند یکی کاهش تنش‌های متوسط برشی وارده بر خاک و دیگری افزایش تنش‌های قائم وارد بر سطح گسیختگی است که سبب افزایش مقاومت برشی می‌گردد.

- اثر سختی مصالح تسلیح: سختی خمشی مصالح تسلیح باعث توانایی در تحمل نیروهای کششی، برشی، لنگرهای خمشی می‌شود به خصوص در مصالح تسلیحی که نسبت به سطح افق بصورت مایل قرار گرفته‌اند.
-



شکل شماره ۸-روند طراحی سیستم‌های میخ‌کوبی

تحلیل پایداری کلی ساده شده

مکانیزم گسیختگی گوه واحد (single – wedge) در شکل زیر نشان داده شده است .

نیروهای ناپایدار کننده شامل مؤلفه وزن، نیروی سربار و نیروهای پایدار کننده(مقاوم) در طول سطح گسیختگی شامل نیروی برشی(S_F) و نیروی کششی میخ‌ها(T_{EQ})که شامل مجموع نیروی میخ‌ها در طول ارتفاع H دیوار است.

ضریب ایمنی در برابر گسیختگی کلی(FS_G) است که به نسبت نیروهای مقاوم به نیروهای مخرب اطلاق می‌گردد.

$$FS_G = \frac{\sum resisting\ forces}{\sum driving\ forces}$$

$$\sum Normal\ forces = (W + Q_T)\cos\Psi + T_{EQ}\cos(\Psi - i) - N_F = 0$$

$$\sum Tangent\ forces = (W + Q_T)\sin\Psi - T_{EQ}\sin(\Psi - i) - S_F = 0$$

$$S_F = R_C + R_f = C_m L_s + N_F \tan\varphi_m$$

$$\tan\varphi_m = \frac{\tan\varphi'}{FS_G}$$

$$C_m = \frac{C'}{FS_G}$$

که در آن φ_m زاویه اصطکاک بسیج شده و C_m چسبندگی بسیج شده می‌باشد.

روند طراحی سیستم‌های میخ‌کوبی

مراحل طراحی سیستم دیوار میخ‌کوبی در شکل ۸ نشان داده شده است.

مزایای سیستم میخ‌کوبی

از مزایای سیستم حفاظت از گود به روش میخ‌کوبی نسبت به دیگر روش‌های حفاظت از دیواره گود که از بالا به پایین اجرا می‌شوند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- این روش کم‌ترین اخلال را در بار ترافیکی خیابان‌های اطراف به وجود می‌آورد.
- اجرای آن، حداقل فضای اشغالی کار در کف گود را به دنبال خواهد داشت. همچنین نیازی به استفاده از سیستم‌های نگهدارنده فلزی در داخل گود نمی‌باشد.
- در این روش نیازی به قرار دادن و مدفون کردن هیچ گونه المان سازه‌ای تا زیر تراز کف گود نمی‌باشد.
- اجرای عملیات میخ‌کوبی خاک، سریع و اقتصادی است.
- می‌توان از مکان‌ها و زوایای مختلف برای میخ‌ها در جهت جلوگیری از تداخل با تاسیسات زیرزمینی شریان‌های حیاتی مجاور استفاده کرد.
- انجام هم‌زمان عملیات پایدارسازی و خاکبرداری از بالا به پایین و به صورت مرحله ای است.
- انعطاف‌پذیری سیستم دیوار میخ‌کوبی شده موجب اندرکنش مناسب در صورت بروز نشست‌های بزرگ کلی و یا نسبی می‌گردد.

- منابع

1.JUNE 1999,GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO. 4"GROUND ANCHORS AND ANCHORED SYSTEMS"

2. FHWA (1993a). "FHWA International Scanning Tour for Geotechnology, September–October

3. Soil Nailing Summary Report(1992)," Publication SA-96-072, Federal Highway- Administration, Washington, D.C.

4. FHWA (1993b). "French National Research Project Clouterre, 1991-Recommandations

5. Clouterre 1991," (English Translation) Soil Nailing Recommendations, Publication FHWA-SA-

6. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

7. Porterfield, J. A., Cotton, D. M., and Byrne, R. J. (1994). "Soil Nailing Field Inspectors Manual,

Project Demonstration," Publication No. 103 8. FWHA-SA-93-068, Federal Highway Administration, .Washington, D.C

بهینه سازی عملیات آتشباری با استفاده از روش تاگوچی

حامد طاهری*- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات-
۰۹۱۲۲۵۸۱۷۸۵-Taheri.ha@gmail.com
فرشاد رشیدی نژاد- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات-
۰۹۱۲۲۱۳۱۹۴۲-Frashidinejad@hotmail.com

چکیده

گرچه عملیات حفاری و آتشباری پرهزینه‌ترین عملیات معدنی نمی‌باشد، لکن بهینه سازی عملیات آتشباری از لحاظ مراحل پایین دست مانند بارگیری، حمل، خردایش در سنگ شکن و سایر موارد بسیار قابل ملاحظه است. جهت کنترل، پیش بینی و طراحی بهترین نتایج در انفجارات معدنی عوامل زمین‌شناسی گوناگونی مطرح می‌باشند. از جمله این عوامل رفتار سنگ در برابر انفجار، خصوصیات توده سنگ، خصوصیات ماده سنگ و مواردی از این دست می‌باشد. بنابراین بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای کلیدی می‌توانند اطلاعات مفیدی را جهت کنترل عملیات انفجار فراهم آورند. در این مقاله تلاش شده است تا با استفاده از روش طراحی آزمایشات تاگوچی از تعداد آزمایشات، تا رسیدن به الگوی آتشباری بهینه، کاسته گردد. با توجه به ماهیت روش؛ استفاده از آن در مباحث آتشباری با مشکلات متعددی روبرو خواهد بود که در این مقاله ضمن مطرح نمودن این موارد راهکارهایی جهت مدل نمودن انفجار در این شرایط ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی: کاربردی نمودن روش طراحی آزمایشات تاگوچی- بهینه سازی عملیات آتشباری

۱- مقدمه

با وجود پژوهش‌های گوناگون و ارائه روابط مختلف در مبحث آتشباری، تاکنون هیچ رابطه کاملی جهت ارائه الگوی آتشباری بهینه برای تمامی معادن ارائه نشده است. بنابراین جهت ارائه الگوی آتشباری بهینه در هر معدن نیازمند اجرای تعدادی الگوی آتشباری در همان منطقه خواهیم بود. با توجه به موارد بیان شده، طراحی آزمایشات جزو ملزومات اصلی در ارئه الگوی آتشباری برای یک منطقه جدید و یا بهینه سازی الگوی آتشباری خواهد بود . (Lopez Jimeno et al, 1995)

یکی از نکات با اهمیت در طراحی الگوی آتشباری توجه به خصوصیات توده سنگ و ماده سنگ می‌باشد. علاوه بر این با توجه به تأثیر متغیرهای گوناگون در عملیات آتشباری بایستی تمامی پارامترهای اساسی بطور همزمان مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند. طراحی آزمایشات کلاسیک باتوجه به تعدد پارامترها و سطوح آزمایش نیازمند انجام تعداد زیادی آزمایش برای رسیدن به نتیجه مطلوب خواهد بود. بطور مثال جهت بررسی ۴ پارامتر در سه سطح تعداد 3^4 آزمایش یا به عبارتی ۸۱ آزمایش مورد نیاز می‌باشد.(Ranjit,R-2010)

۲- روش تحقیق

۲-۱- طراحی آزمایشات تاگوچی

روش تحلیل و بررسی تمامی شرایط در یک آزمایش شامل چند فاکتور طراحی آزمایشات DOE[۲۳] نامیده می‌شود. این روش در بعضی از نشریات طراحی فاکتوریل نیز نامیده شده است. مفاهیم طراحی آزمایشاتی که اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرد، نتیجه تحقیقات فیشر در زمینه بهینه سازی عملیاتهای کشاورزی و در حدود نیم قرن پیش است (Ranjit,R-2010). در طراحی فاکتوریل کامل، تعداد آزمایشات از رابطه ذیل قابل تعیین می‌باشد:

$$N=L^m \qquad \text{(معادله ۱)}$$

در این رابطه N برابر است با تعداد آزمایشات مورد نیاز، L تعداد سطوح انتخاب شده در هر فاکتور و m تعداد فاکتورهای مورد بررسی می‌باشد.

۲-۲- روش تاگوچی

در اواخر سال ۱۹۴۰ میلادی دکتر تاگوچی مفاهیم آماری جدیدی را مطرح نمود که بعدها ارزش این مفاهیم در مقوله کنترل و بهبود کیفیت اثبات گردید. یکی از مزایای روش تاگوچی[۲۴] کاهش تعداد آزمایش‌ها با استفاده از آرایه‌های متعامد[۲۵] است. این آرایه‌ها با روش خاصی از بین تعداد کل آزمایش‌ها روش فاکتوریل کامل انتخاب می‌شود. (Ranjit,R-2010)

کاهش تعداد آزمایش‌ها و هزینه‌ها، امکان بررسی فاکتورهای گسسته مانند نوع و شرایط ماده، تعیین سهم و میزان اثر هر فاکتور، امکان تخمین نتایج در شرایط بهینه، امکان تخمین نتایج در سطوح دلخواه، تعیین سهم خطا، تعیین سهم اثرات متقابل در نظر گرفته شده، امکان بدست آوردن همزمان شرایط بهینه برای چندین پاسخ، امکان بررسی فاکتورها در سطوح مختلف و بررسی تعداد فاکتورهای نامحدود از مزایای روش تاگوچی می‌باشد. تفاوت تعداد آزمایش در طراحی آزمایشات کلاسیک و روش طراحی آزمایشات تاگوچی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- تفاوت تعداد آزمایشات در روش کلاسیک و روش تاگوچی (Ranjit,R-2010)

فاکتور	سطح	طراحی فاکتوریل	طراحی تاگوچی
۲	۲	۴	۴
۳	۲	۸	۴
۴	۲	۱۶	۸
۷	۲	۱۲۸	۸
۱۵	۲	۳۲۷۶۸	۱۶

۲-۳-تعیین قابلیت انفجار

خردایش سنگ حاصل از انفجار به پارامترهای مختلفی از جمله خصوصیات توده سنگ، ژئومتری آتشباری و خصوصیات مواد منفجره وابسته می‌باشد. مطالعات بسیاری بر روی شرایط توده سنگ و ماده سنگ و اثرات آنها بر عملیات آتشباری شده است. این مطالعات نشان دهنده تأثیر قابل

[23]- Design Of Experiments

[24] - Taguchi Method
[25] - Orthogonal Arrays

توجه خصوصیات توده سنگ و ماده سنگ بر خردایش سنگ حاصل از انفجار می‌باشد (Latham & Lu1999). در این مطالعه جهت تعیین خرج ویژه با در نظر گرفتن شرایط سنگی از روش لیلی[۲۶] استفاده گردیده است (Lilly,P-1992)(جدول۲).

جدول ۲- معیار طبقه بندی لیلی برای خصوصیات بلوک انفجاری

پارامترهای ژئومکانیکی	امتیاز
۱-توصیف توده سنگ	RMD
ضعیف و ورقه‌ای	۱۰
وجود درزه‌های قائم	JPA+ JPS
سنگ توده‌ای	۵۰
۲-فاصله درزه‌های قائم	JPS
نزدیک (متر ۰/۱>)	۱۰
متوسط (متر ۱ تا ۰/۱)	۲۰
دور (متر ۱>)	۵۰
۳-شیب صفحات ناپیوستگی	JPA
شیب به سمت بیرون	۲۰
شیب عمودی	۳۰
شیب به سمت درون	۴۰
۴-تأثیر چگالی ویژه	۲۵SG-۵۰
۵-سختی	Hf
Y: مدل یانگ (گیگاپاسکال)	$Y<50 \Rightarrow Hf = Y/3$
UCS:مقاومت‌فشاری تک محوره (مگاپاسکال)	$Y>50 \Rightarrow Hf = UCS/5$

۳- روش TAB

با توجه به اینکه روش تاگوچی از ابتدا بر اساس نیاز صنایع گوناگون توسعه داده شده است، جهت استفاده در شرایط نامشخص و غیرقابل تعیین زمین و انجام عملیات آتشباری دارای محدودیت‌های ذاتی خواهد بود. بنابراین جهت استفاده از آن در اینگونه موارد نیاز به اندیشه و طرز تفکری جدید می‌باشد. در این قسمت روشی جهت استفاده از طراحی آزمایش تاگوچی در آتشباری ارائه گردید است. این روش به اختصار TAB (Taguchi Applicable for Blasting) یا روش کاربردی تاگوچی برای آتشباری خوانده می‌شود. در ذیل به بررسی موانع موجود در استفاده از روش تاگوچی و ارائه راهکارهای مرتبط با هریک از آنها پرداخته خواهد شد.

برای استفاده از روش تاگوچی لازم است تا ابتدا تعدادی از انفجارات معدن مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند. سپس با استفاده از آنالیز انفجارات انجام شده در معدن میزان کاهش یا افزایش هر پارامتر نسبت به حالت فعلی مشخص میگردد.

بطور مثال در معدنی میزان خردایش حاصل از انفجار بیشتر از میزان خردایش مورد نیاز می‌باشد. بنابراین در معدن فوق هدف کاهش میزان خردایش تعریف می‌گردد.

مسئله اول:

در این مقاله جهت بهینه‌سازی الگوی آتشباری خواص توده سنگ و ماده‌سنگ در نظر گرفته شده است. این عمل با استفاده از روش لیلی انجام پذیرفته است. بنابراین بایستی شرایط زمین‌شناسی در ارائه الگوی آتشباری تأثیر داده شوند. روش طراحی آزمایش تاگوچی با توجه به محیط‌های قابل کنترل و برنامه‌ریزی توسعه داده شده است. بنابراین در شرایطی قابل استفاده است که تمامی پارامترها در آن از قبل قابل تعیین و برنامه‌ریزی باشند. لکن مدل کردن شرایط سنگی که طبیعت به ما دیکته می‌کند با اصول اولیه روش در تضاد است. بنابراین مدل کردن شرایط فوق یکی از مشکلات پیش رو در روش تاگوچی می‌باشد.

راه حل:

در روش TAB ابتدا سینه کار انفجاری توسط روش لیلی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نتایج امتیازات حاصله در (معادله ۲) قرار داده خواهد شد. سپس میزان خرج ویژه توسط (معادله ۳) به‌صورت کمی بیان می‌شود. پس از آن خرج ویژه مورد استفاده در انفجار معدن را بر عدد حاصل از روش لیلی تقسیم می‌نماییم (معادله ۴). بنابراین نسبت خرج ویژه برای معدن مورد بررسی بدست می‌آید.

این عدد به عنوان مبنای محاسبات در نظر گرفته می‌شود. پس از آن با توجه به آنالیز انفجارات قبلی معدن درصدی از آن کم و یا به آن اضافه می‌گردد. در معدن A با توجه به بالا بودن میزان خرج ویژه، کاهش در میزان خرج ویژه به عنوان هدف تابع تاگوچی تعریف می‌گردد. در مرحله بعد میزان کاهش در هر مرحله را در نظر می‌گیریم. در معدن فوق این میزان ۱۵ درصد قرار داده شده است. در این معدن مقدار خرج ویژه مورد استفاده ۱/۴ برابر پیش بینی لیلی می‌باشد. بنابر این دو پله دیگر ۱/۲ و ۱ قرار داده می‌شوند. بنابر این و

[۲۶]- Lilly

با راه‌کار ارائه شده، شرایط متغیر زمین همیشه به عنوان نسبتی از خرج ویژه وارد تابع تاگوچی می‌گردد.

$$BI= 0.5\times(RMD+JPO+JPS+SGI+H \quad \text{(معادله ۲)}$$

$$CE=0.004\ BI \quad \text{(معادله ۳)}$$

$$P = \frac{CE_M}{CE_L} \quad \text{(معادله ۴)}$$

در روابط فوق P نسبت خرج ویژه مورد استفاده معدن به خرج ویژه تخمینی روش، CE_L خرج ویژه تخمینی توسط روش لیلی و CE_M خرج ویژه مورد استفاده توسط معدن می‌باشد.

مسئله دوم:

مسئله دیگر در استفاده از روش تاگوچی هنگامی بروز می‌کند که متغیرهای آتشباری (در این مقاله بارسنگ، فاصله داری و گل گذاری) را توسط محدوده‌ای از اعداد وارد تابع تاگوچی می‌نماییم. بطور مثال بارسنگ را در سه حالت ۳ و۳/۵ و ۴ متر قرار دهیم. مقدار فاصله داری را ۳/۶ و ۴/۲و ۴/۸ قرار دهیم. در این حالت تاگوچی بدون در نظر گرفتن قوانین اثبات شده در آتشباری و بطور تصادفی[۲۷] اقدام به طراحی آزمایش‌ها می‌نماید بنابراین ممکن است هنگامی که بار سنگ را ۴ در نظر می‌گیرد، فاصله داری را ۳/۶ انتخاب نماید. در این حالت میزان فاصله داری ۱۰ درصد کمتر از بارسنگ در نظر گرفته شده است. این موضوع با اصول آتشباری تولیدی معادن در منافات است. همچنین ممکن است هنگامی که پارامترهای بارسنگ و فاصله داری در بیشترین مقدار ورودی قرار دارند و گل‌گذاری در کمترین مقدار ممکن است، تابع تاگوچی بر اساس اصل انتخاب تصادفی تصمیم به انتخاب کمترین مقدار خرج‌ویژه به عنوان ورودی بگیرد؛ که انتخاب این مقدار خرج‌ویژه امکان‌پذیر نمی‌باشد.

راه حل:

برای حل این مشکل ابتدا خرج ویژه را به عنوان پایه اساسی طراحی انتخاب می‌نماییم. این خرج ویژه، همان خرج ویژه حاصله از مرحله قبل می‌باشد (خرج ویژه لیلی ضربدر یک نسبت مشخص که تاگوچی ارائه می‌دهد). پس از آن سایر پارامترهای مهم به صورت نسبتی از بارسنگ وارد تابع تاگوچی می‌گردند (در این مقاله نسبت بارسنگ به گل گذاری و نسبت فاصله داری به بارسنگ). پس از آن تمامی پارامترها با استفاده از معادله ۵ قابل محاسبه خواهد بود. در این معادله با مشخص بودن میزان خرج ویژه و نسبت‌های بارسنگ، فاصله داری، گل گذاری و اضافه‌حفاری مقدار تمامی پارامترها محاسبه می‌شود.

$$E = \frac{\pi r^2\times\rho_e\times(H+j-S_t)}{B\times S\times H\times\rho_R} \quad \text{(معادله ۵)}$$

در این معادله r شعاع چال (متر)، ρ_e وزن مخصوص ماده منفجره (کیلوگرم بر متر مکعب)، H ارتفاع پله (متر)، j اضافه حفاری (متر)، S_t گل گذاری (متر)، B بارسنگ (متر)، S فاصله داری (متر)، ρ_R وزن مخصوص سنگ (تن بر متر مکعب) و CE خرج ویژه (کیلوگرم آنفو بر تن سنگ) می‌باشد.

مسئله سوم:

هنگام تحلیل نتایج تاگوچی به هر کدام از خروجی‌ها مشخصه ای نسبت داده می‌شود. این مشخصه‌ها بر سه اساس هر چه بیشتر بهتر[۲۸] ، هر چه کمتر بهتر[۲۹] و هرچه به مقدار اسمی نزدیکتر بهتر[۳۰] وارد می‌گردند. هنگامی که نتایج حاصل از انجام عملیات آتشباری مورد بررسی قرار می‌گیرند، خروجی‌ها به‌صورت میزان خردایش، خرج ویژه، حفاری ویژه و در برخی موارد تاثیرات نامطلوب ناشی از انفجار مانند وجود بولدر، عقب زدگی، پرتاب سنگ و مواردی از این دست می‌باشد. در صورتی که از روش تاگوچی جهت وارد نمودن خروجی‌ها استفاده گردد؛ میزان خرج ویژه و حفاری ویژه به‌صورت هرچه کمتر بهتر تعریف می‌گردد. در این حالت در تعیین خروجی خردایش دچار مشکل خواهیم شد. علاوه بر این در تعیین ضرایب تأثیر هر کدام از خروجی‌ها با مشکلاتی مواجه

[27] - Random

[28] – Bigger is Better
[29] – Smaller is Better
[30] – Nominal is the Better

خواهیم بود. بطور مثال تشخیص اینکه ۰/۱ خرج ویژه با چه میزان حفاری ویژه و یا با چند درصد خردایش و چه میزان عقب زدگی معادل است.

راه حل:

جهت حل مشکلات شرح داده شده، بر اساس روش TAB تمامی خروجی‌ها به‌صورت هزینه وارد می‌شوند. در این صورت تمامی خروجی‌ها به‌صورت یک تابع با مقیاس یکسان، قابل مقایسه و اندازه‌گیری می‌باشد. همچنین در روش TAB ، تمام شرایط مخرب به عنوان هزینه وارد الگوریتم طراحی آزمایشات خواهد شد. در این حالت هدف را حداقل نمودن این هزینه‌ها بیان می‌نماییم.

مسئله چهارم:

در بلوک‌های مختلف یک معدن با توجه به نوع و جنس ماده سنگ و توده سنگ رفتارهای انفجاری مختلفی را انتظار خواهیم داشت. این اختلاف در میزان خردایش هر بلوک در هنگام طراحی الگوی آتشباری در نظر گرفته شده است. یعنی هنگام طراحی الگوی آتشباری با در نظر گرفتن شرایط بلوک، با استفاده از رابطه لیلی الگوی متناسبی پیشنهاد خواهد شد. بنابر این الگوی انفجاری هر سینه کار با توجه به قابلیت انفجار آن تعیین می‌شود. اما هنگام تحلیل اقتصادی این موضوع نادیده گرفته می‌شود. بنابراین تاگوچی بدون در نظر گرفتن اینکه در چه بلوکی و با چه قابلیت آتشباری کار کرده‌ایم، سعی در حداقل نمودن هزینه‌ها دارد. بطور مثال الگوریتم طراحی آزمایشات تاگوچی، الگوی انفجاری بلوک A را بهینه‌تر از الگوی انفجاری بلوک B می‌داند؛ در صورتی که کمتر بودن هزینه‌های حفاری، آتشباری، خردایش ثانویه و سایر هزینه‌های بلوک A به دلیل بهینه‌تر بودن الگوی انفجار آن نمی‌باشد. بلکه به‌خاطر قابلیت خردایش بهتر بلوک الف از لحاظ قابلیت آتشباری می‌باشد.

راه حل:

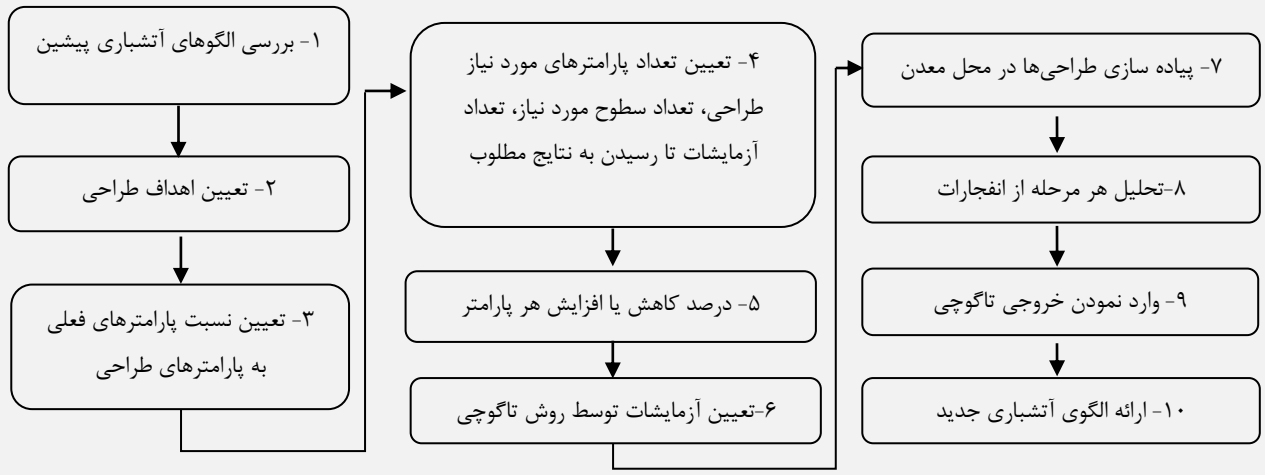
در روش TAB ، ابتدا برای هر بلوک هزینه حفاری و آتشباری با روش لیلی محاسبه می‌شود. سپس هزینه حفاری و آتشباری با الگوی آتشباری فعلی نیز محاسبه می‌گردد. در آخر هزینه‌های فعلی حفاری و آتشباری را بر هزینه تخمینی با استفاده از روش لیلی تقسیم می‌نماییم. سپس ضریب حاصله را بر هزینه مشخص شده از قبل تقسیم می‌نماییم.

خلاصه روش TAB:

با استفاده از بررسی انفجارات قبلی (شکل۱- مرحله ۱) اهداف آزمایش تعیین می‌گردد (شکل۱- مرحله۲). این اهداف ممکن است کاهش یا افزایش خردایش، خرج ویژه و یا سایر موارد باشد. در مرحله بعد با توجه به اهداف طراحی آزمایشات و مطالعات اولیه انجام شده نسبت پارامترهای فعلی به پارامترهای طراحی تعیین می‌گردد (شکل۱- مرحله۳). پس از آن تعداد پارمترهای مورد نیاز، تعداد سطوح مورد نیاز و تعداد آزمایشات باتوجه به محدودیت‌های موجود تعیین خواهند گردید (شکل۱- مرحله۴). در مرحله بعد با توجه به اهداف تعیین شده، انفجارات تحلیل شده و محدودیت در تعداد آزمایشات، درصد کاهش یا افزایش هر پارامتر مشخص خواهد شد (شکل۱- مرحله ۵). در مرحله ۶ موارد مشخص شده در مراحل قبلی به عنوان ورودی وارد تابع تاگوچی خواهد شد. سپس روش تاگوچی تعدادی آزمایش را با استفاده از روش طراحی آزمایشات مشخص خواهد نمود. پس از آن هر مرحله از آزمایشات در محل معدن اجرا خواهند شد (شکل۱- مرحله ۷). در مرحله ۸ انفجارات مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. این تحلیل‌ها توسط روش TAB تعدیل خواهد شد (مرحله ۹). سپس با استفاده از خروجی روش تاگوچی الگوی آتشباری جدید ارائه خواهد شد. (مرحله۱۰)

۵- جمع بندی

با استفاده از روش TAB قادر به استفاده از روش طراحی آزمایشات تاگوچی در طراحی و بهینه سازی الگوی آتشباری خواهیم‌بود. این روش تمامی متغیرهای تأثیرگذار بر روی نتایج آتشباری را وارد تابع تاگوچی می‌نماید. یکی از عوامل غیر قابل تعیین و بسیار موثر در انفجار شرایط سنگ می‌باشد. این عوامل نیز با استفاده از روش TAB وارد تابع تاگوچی گردید. با استفاده از روش طراحی آزمایشات تاگوچی تعداد آزمایشات تا رسیدن به شرایط بهینه کاسته خواهد شد.



شکل ۱- مراحل طراحی آزمایشات با روش TAB

با استفاده از راه کار ارائه شده شرایط زمین‌شناسی در آنالیز هزینه‌های نهایی انفجار تاثیر داده شد. در این شرایط بلوک‌های با شرایط توده سنگ متفاوت از لحاظ هزینه ای قابل مقایسه خواهند بود. مورد مذکور در بهینه سازی الگوی آتشباری گامی نوین بوده و از این لحاظ منحصر به فرد می‌باشد.

یکی از مزایای طراحی آزمایشات حرکت هدفمند به سمت اهداف تعیین شده می‌باشد. روش طراحی آزمایشات تاگوچی با حرکت تدریجی به سمت هدف بدون ایجاد توقف در عملیات استخراجی و با استفاده از کمترین تعداد آزمایشات ممکن ما را به سمت بهینه سازی الگوی آتشباری هدایت خواهد نمود. این مورد از دیدگاه پروژه‌های پژوهشی بسیار حایز اهمیت خواهد بود. زیرا هیچ مجموعه ای تمایل به کاهش تولید یا با مخاطره مواجه نمودن این موضوع ندارد. بنابراین با توجه به ماهیت این روش که حرکت آرام آرام به سمت مقصود بهینه سازی عملیات می‌باشد می‌توان با ایجاد حداقل مشکل در فرآیند تولید به هدف نهایی دست یافت.

نتایج حاصل از روش طراحی آزمایشات تاگوچی در دو معدن مورد مطالعه ۲۸/۶ درصد از میزان خرج ویژه کاسته است. این میزان بهینه سازی در یک مرحله طراحی الگوی آتشباری بسیار قابل توجه می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است الگوی پیشنهادی هم اکنون در معادن فوق در حال اجراست. با ارائه این الگوی آتشباری در میزان خردایش حاصل از انفجارات در معادن بهبودهایی حاصل گردید.

از دیگر نکات قابل توجه تفاوت قابل ملاحظه در میزان خرج ویژه بهینه در دو معدن مورد مطالعه است. با توجه به اینکه دو معدن مذکور در فاصله کمتر از ۲ کیلومتر نسبت به یکدیگر قرار دارند، همچنین از لحاظ شرایط ماده سنگی با یکدیگر مشابه می‌باشند (هر دو سنگ مگنتیت با عیار ۴۰ تا ۶۰ درصد)؛ میزان خرج ویژه مورد نیاز برای معدن اول ۱/۶-۱/۵ برابر معدن دیگر می‌باشد. این مطلب نشان دهنده تأثیر قابل ملاحظه شرایط توده سنگی در ارائه الگوی آتشباری و لزوم دخیل نمودن شرایط سنگی درطراحی آزمایشات است.

۶- منابع

1- Lopez Jimeno, E., Lopez Jimeno, C., Javier Ayalan Carcedo, F., 1995, “Drilling and Blasting of Rocks”, Rotterdam, Balkema.

2- Ranjit, R, Roy., 2010, “A Primer on the Taguchi Method”, Socienty of manufacturing engineers.

3- Latham, J.P. and Lu, P., 1999, “Development of an assessment system of blastability for rock masses”, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 36: 41–55.

4- Lilly, P., 1992, “The use of the Blastability Index in the design of blasts for open pit mines”, s.l. : Proceedings of the Western Australian Conference.

مصاحبه با

احمدرضا مشهدی

مرد شماره یک آزمون کارشناسی ارشد

تهیه و تنظیم : عاصف دوامی ، دانشجوی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهندس احمدرضا مشهدی دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی معدن گرایش اکتشاف دانشگاه صنعتی امیرکبیر هستند. شایان ذکر است ایشان دوره کارشناسی را نیز در دانشکده معدن و متالورژی پلی تکنیک پشت سر گذرانده و پلی تکنیک را خانه خود می‌داند. مهندس مشهدی کنکور کارشناسی ارشد سال ۹۱ را با موفقیت و کسب رتبه اول گرایش اکتشاف طی نموده‌اند و نشریه بلور بر خود دانست که گفتگویی را با ایشان که سابقه فعالیت در نشریه را نیز در کارنامه خود دارند، ترتیب دهد تا ضمن ادای دین به وی، زمینه آشنایی و راهنمایی سایر دانشجویان به‌ویژه متقاضیان شرکت در آزمون کارشناسی ارشد امسال را با ایشان فراهم آورد.

- **آقای مشهدی در ابتدا خواهشمندیم خودتان را برای مخاطبین نشریه معرفی نمایید.**

احمدرضا مشهدی هستم متولد ۱۳۶۹ و ساکن تهران. اصالتا اهل مشهد از توابع شهرستان دماوند می‌باشم.

- **مایلیم از دوران تحصیلتان قبل از دانشگاه مختصری توضیح دهید**

مقطع دبستان را در مدرسه شهید پاشازاده میدان خراسان و مدرسه امام جعفر صادق (ع) افسریه، دوران راهنمایی را در مدرسه نمونه‌دولتی امام خمینی میدان شهریور و نهایتا دبیرستان و پیش‌دانشگاهی را در تیزهوشان شهید بهشتی شهرری گذرانده‌ام.

- **چرا معدن امیرکبیر؟**

بعد از مشخص شدن نتایج اولیه کنکور، با توجه به رتبه‌ام و اینکه می‌خواستم در دانشگاه های تهران پذیرفته شوم رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف را نیز در اولویت‌هایم قرار دادم و در این رشته پذیرفته شدم. در ابتدا به دلیل عدم شناخت میل زیادی نسبت به رشته‌ام نداشتم اما به تدریج و با کسب شناخت علمی از رشته معدن بسیار به آن علاقه‌مند شدم.

- **در دوره کارشناسی چه فعالیت هایی در کنار درس خواندن داشته‌اید؟**

از اوایل ورود به دوره کارشناسی با نشریه بلور همکاری داشتم و همچنین یک دوره دبیر انجمن علمی مهندسی معدن دانشکده بوده‌ام و در کنار این فعالیت‌های علمی، در زمینه ورزشی نیز از ابتدای ورود به دانشگاه عضو تیم بسکتبال دانشگاه بوده و هستم.

- **خب به قول معروف می‌رسیم به اصل مطلب! در مورد رتبه ۱ و مقطع فعلی برایمان بفرمایید.**

از تابستان سال ۹۱ کم و بیش شروع به مطالعه درسی برای کنکور کردم اما در واقع بعد از همایش انجمن علمی مهندسی معدن که در دانشگاه تهران برگزار شد، انگیزه بیشتری برای درس خواندن پیدا کردم و از مهرماه به صورت جدی به مطالعه مواد درسی کنکور پرداختم. بعد از اعلام نتایج، با توجه به اینکه به دانشکده وابستگی قلبی داشتم و نمی‌توانستم از آن دل بکنم ترجیح دادم خانه‌ام را رها نکنم (با خنده)

- **برنامه‌تان برای ادامه تحصیل چیست؟ داخل یا خارج کشور؟**

صد البته قصد ادامه تحصیل دارم اما در مورد داخل یا خارج کشور بودنش تصمیم خاصی نگرفته‌ام.

- **وضعیت مهندسی معدن را در ایران چگونه ارزیابی می‌کنید؟**

با توجه به وسعت کشور و پیشرفت‌هایی که در زمینه اکتشاف و استخراج و مسایل مرتبط با آن داشته‌ایم وضعیت بخش معدن را روبه‌رشد می‌بینم البته هنوز بسیار جای کار دارد.

- **اگر پیشنهاد و توصیه‌ای برای دانشجویان دارید بفرمایید.**

پیشنهاد می‌کنم که با عشق و علاقه درس بخوانند، به فکر رشته‌های دیگر نباشند چرا که معدن آنقدر گسترده است که بتوانند زمینه علاقه خودشان را پیدا کنند. فقط باید بیشتر شناخت پیدا کنند و در زندگی تمام سعی و تلاش خودتان را بکنید تا همیشه موفق باشید و همیشه برای بهترین‌ها تلاش کنید شما سعی خودتان را بکنید بقیه‌اش با خدا.

پیشنهاد می‌کنم که با عشق و علاقه درس بخوانند، به فکر رشته‌های دیگر نباشند چرا که معدن آنقدر گسترده است که بتوانند زمینه علاقه خودشان را پیدا کنند. فقط باید بیشتر شناخت پیدا کنند

- **در پایان اگر صحبتی باقی مانده علاقه‌مندیم بشنویم.**

صحبت خاصی ندارم از شما و تمام عوامل نشریه بلور به خاطر زحمات زیادی که می‌کشید سپاسگزارم و امیدوارم موفق باشید.

- **هم‌چنین برای شما آرزوی موفقیت داریم و متشکریم از وقتی که در اختیار ما قرار دادید.**

معرفی کانی بریل

Beryl

خدیجه امامیاری دانشجوی کارشناسی
زمین‌شناسی دانشگاه پیام نورگیلان- مرکز رشت

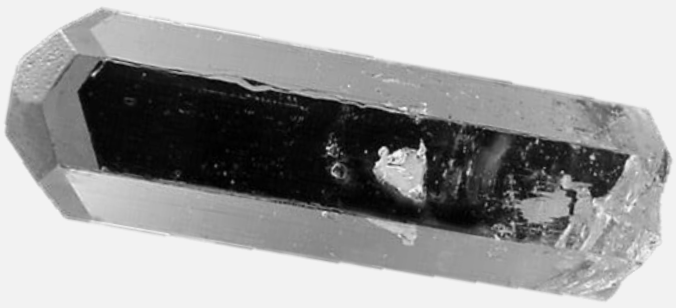
بریل منشأ قدیمی دارد و نام آن از واژه‌ای یونانی که برای گوهرهای سبز رنگ به کار برده می‌شده گرفته شده است، وقتی صحبت از بریل می‌شود با یک کانی شفاف تا نیمه شفاف روبه رو خواهیم بود که غالبا دارای بلورهای دانه درشت و بزرگ می‌باشند که ظاهری لکه‌دار از خود نشان می‌دهند و بخش‌های ابری شکل در سطح کانی ایجاد کرده است.

انواع مختلف بریل‌های جواهری بر اساس رنگ نام‌گذاری می‌شوند، این کانی معمولا به رنگ سبز مایل به آبی و یا زرد روشن دیده می‌شود، هم‌چنین ممکن است به رنگ سبز زمردی ، زرد طلایی ، صورتی سفید و یا بی رنگ یافت شود. آکوامارین نوعی بریل شفاف است که به رنگ آبی مایل به سبز روشن یافت می‌شود، مورگانیت یا بریل گلی, به رنگ صورتی روشن تا قرمز سیر و زمرد نوعی بریل شفاف با رنگ سبز تیره است و بالاخره بریل طلایی که دارای رنگ طلایی روشن است .

این کانی معمولا دارای سختی ۸-۵ می‌باشد و چگالی آن ۲/۸-۲/۶۵ می‌باشد و همچنین دارای کلیواژ ناقصی در راستای (۰۰۰۱)می‌باشد، در سیستم هگزاگونال رده‌ٔ 6/m 2/m 2/m معمولا به صورت منشوری تبلور می‌شود و بلورهای آن اغلب در جهت قائم مخطط و شیاردار هستند و اما فرم‌هایی که در بریل دیده می‌شود عبارت‌اند از : (0001) , (1010) و فرم‌های هرمی آن کمیاب است.بلورها معمولا در اندازه‌های قابل توجه و دارای رویه‌های ناهموار هستند.

موارد استفاده:

زمرد یکی از گرانبهاترین جواهرات به شمار می‌آید و گاه ممکن است ارزشی بیشتر از الماس داشته باشد. بریل منبع اصلی بریلیوم است که از بسیاری جهات به آلمینیوم شبیه است. بریلیوم به مقدار زیادی در تهیه ی آلیاژ مس کاربرد دارد و با اضافه شدن بریلیوم به مس, سختی, قدرت کششی و مقاومت آن در برابر فرسودگی افزایش می‌یابد.

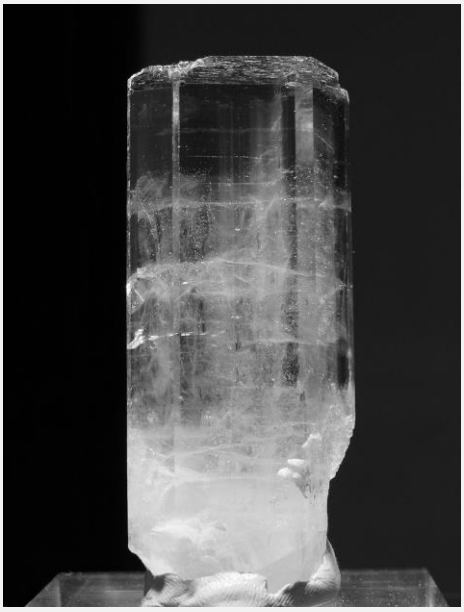


ساختمان و ترکیب شیمیایی:

در ساختمان بریل حلقه‌های Si_6O_{18} به صورت لایه‌هایی موازی با{0001} مرتب شده‌اند و فضای بین آن‌ها را ورقه‌هایی از یون‌های Be و Al به ترتیب با هم‌آرایی ۴و۶ پر نموده است. این ورقه‌ها, لایه‌های ساخته شده از حلقه‌های Si_6O_{18} را به صورت افقی و عمودی به یکدیگر متصل می‌کنند. به دلیل همین ترتیب حلقه‌هاست که ساختمان بریل آرایشی غیر قطبی دارد و می‌توان یک سطح آینه‌ای(سطح تقارن) را تصور کرد که از بین چهار وجهی‌ها در صفحه‌ی حلقه عبور می‌کند درصد نظری اکسیدها در فرمول بریل عبارت‌اند از: اکسید بریلیوم ۱۴ درصد، اکسید آلمینیوم ۱۹ درصد و اکسید سیلیسیم ۶۷ درصد است .با این وجود شرکت عناصر قلیایی K, Na و Li به مقدار قابل توجه درصد بریلیوم را کاهش می‌دهد. مقادیر متغیر و ناچیزی آب (H_2O) زئولیتی نیز در ترکیب بریل شرکت دارد.

فرمول شیمیایی:

$Be_3Al_2(Si_6O_{18})$



نحوه و محل پیدایش:

با وجودی‌که بریل حاوی عنصر کمیاب بریلیوم (Be) است ولی نسبتا معمول و با گسترش وسیع است و به طور معمول در سنگ‌های گرانیتی یا در پگماتیت‌ها وجود دارد، همچنین در شیست‌های میکادار و نیز همراه با کانی‌های قلع می‌توان آن‌ها را یافت.

بریل‌های آکوامارین بسیار فراوان‌اند و بخاطر کیفیت جواهری آن‌ها در بسیاری از کشورها استخراج می‌شود. منبع اصلی بریل‌های جواهری جهان، به جز زمرد در برزیل ایالت میناز-جرایز قرار دارد و در نهایت می‌توان به زیباترین زمردهای جهان که از سنگ‌های آهکی قیری (Bituminous) کلمبیا به دست می‌آید اشاره کرد و مکان‌های مهم دیگر که موزو، کاسکوئر، ال چیور هستند.

پیدایش در ایران:

بریل در برخی از پگماتیت‌های حاوی تورمالین و موسکوویت که توده‌ی گرانیتی الوند (همدان) را قطع می‌کنند و نیز در بعضی از پگماتیت‌هایی که گرانیت مشهد را در حوالی خواجه مراد قطع کرده اند یافت می‌شود.

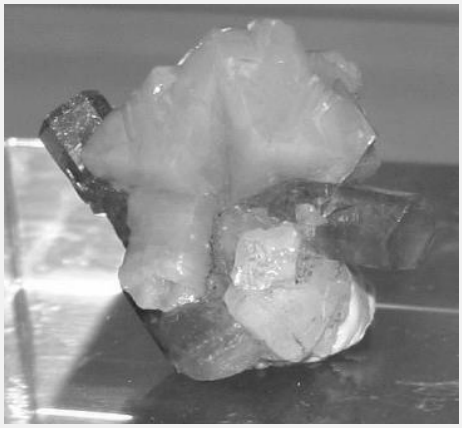
گونه‌های مشابه:

یوکلاز $BeAl(SiO_4)(OH)$ و گادولیت $YFe^{2+}Be_2(SiO_4)_2O_2$ جزو سیلیکات‌های بریلیوم کمیاب هستند.

زوایا:

$c(0001)\wedge p(1012) = 29^o57'$,$c(0001)\wedge s(1122) = 44^o56'$,.

P6/mcc; a=9.23, c=9.19 A; a:c=1:0.996; Z=2.d's:7.98(9),4.60(5), 3.99(5),3.25(10),2.87(10)



معرفی کتاب

Soil Mechanics and Foundations

نوشته‌ی دکتر Muni Budhu

شایان محجوبی، دانشجوی کارشناسی اکتشاف معدن،
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزا ، در کلیه‌ی امور ساختمانی و عمرانی مطرح می‌باشد، زیرا علاوه بر اینکه یکی از مصالح ساختمانی می‌باشد، شالوده‌ی اکثر سازه‌ها بر روی آن استوار است. بنابراین مهندسان عمران باید به‌خوبی خواص خاک از قبیل، مبدا پیدایش، دانه‌بندی، قابلیت زه‌کشی آب، نشست، مقاومت برشی، ظرفیت باربری و غیره را مطالعه و شناسایی کنند و به‌طور یقین این مطالعه و شناسایی پیش‌نیاز طراحی‌های ساختمانی می‌باشد.

در علوم مهندسی، خاک، مخلوط غیر یکپارچه‌ای از دانه‌های کانی‌ها و مواد آلی فاسدشده می‌باشد که فضای خالی بین آن‌ها توسط آب و گازها اشغال شده است. بررسی خواص ظاهری، فیزیکی و مکانیکی خاک را مکانیک خاک می‌گویند.

کتاب Soil Mechanics and Foundations، مفاهیم پایه‌ای از مکانیک خاک و پی‌ریزی را در زمینه‌ی مکانیک، فیزیک و ریاضی ارائه می‌دهد. تلاش نویسنده برآن بوده که مسائل سخت و تکنیکی مکانیک خاک را به آسانی مورد بحث قرار داده و خواننده را با کلیه‌ی اصطلاحات کلیدی و مهم آشنا کند، همچنین تمریناتی را مطرح ساخته که هدف هر تئوری را مشخص می‌سازد.

در چاپ جدید این کتاب، زیرفصل‌های مهم چاپ قبل خود به‌عنوان سرفصلی مجزا مطرح شده تا مطالب به راحتی قابل درک شوند.

چاپ سوم کتاب Soil Mechanics and Foundations، نوشته‌ی دکتر Muni Budhu، که از اساتید دانشکده‌ی مهندسی عمران و مکانیک دانشگاه آریزونای آمریکا می‌باشد شامل ۱۶ فصل می¬باشد که در ۷۸۱ صفحه به چاپ رسیده‌است.

از دیگر تالیفات این استاد می‌توان به کتاب foundation and earth retaining structures که در سال ۲۰۰۸ به چاپ رسیده، اشاره کرد.

معرفی نرم‌افزار UDEC

سامان نقی‌خانی، دانشجوی کارشناسی مهندسی استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

امروزه از مدل‌سازی عددی برای بررسی رفتار توده‌سنگ در یک محل مشخص استفاده می‌شود. اساس این روش‌ها تبدیل یک محیط با بی‌نهایت درجه آزادی به محیطی با درجه آزادی محدود در تعداد معینی از نقاط محیط می‌باشد. .با بررسی اثر نیروها و بارگذاری در این نقاط می‌توان میزان تغییرشکل آنها را با استفاده از درون‌یابی به دست آورد.

موقعیت، تعداد و ارتباط نقاط ذکر شده توسط المان‌بندی مشخص می‌شود. هر المان نشان‌دهنده جزو کوچکی از محیط است که دارای مشخصات هندسی، سازه‌ای و مواد مخصوص خود می‌باشد. ارتباط المان‌ها با یکدیگر بر اساس گره‌های مشترک آنها می‌باشد.

از معایب روش‌های عددی می‌توان به زمان‌بر بودن انجام محاسبات اشاره کرد. به هنگام اجرای محاسبات به حافظه زیادی نیاز دارند. همگرا نشدن حل عددی در بعضی مواقع نیز، از دیگر مشکلات روش‌هاست.

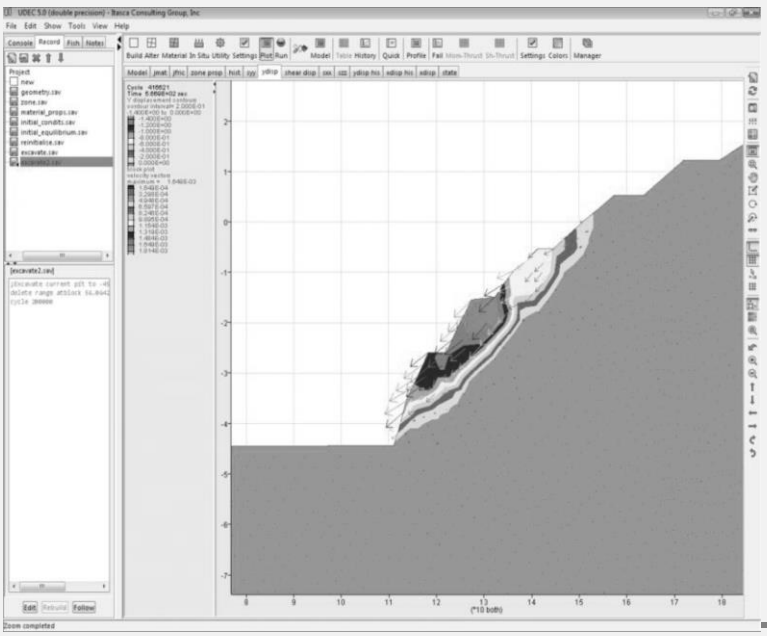
پیدایش رایانه‌های پر قدرت، استفاده از آن‌ها توسعه یافته است.

از میان نرم‌افزارهای عددی آن دسته که بر اساس معادلات المان مجزا به حل مسئله می‌پردازند برای تحلیل مناطق درزه‌دار مناسب می‌باشند زیرا این‌گونه نرم‌افزارها رفتار برشی و تاثیر حضور ناپیوستگی‌ها را بهتر مدل می‌کنند.

از بین نرم‌افزارهای موجود در بازار نرم‌افزارهای گروه ITASCA تا به امروز به خوبی مورد استفاده مهندسین طراح سازه‌های زیرزمینی بوده است. از جمله نرم‌افزارهای موجود برای این هدف UDEC و 3DECمی‌باشد.

نرم‌افزار UDEC یک برنامه تحلیل عددی دو بعدی است که بر مبنای روش المان مجزا برای تحلیل مکانیک سنگی محیط‌های ناپیوسته تهیه شده است. این نرم‌افزار واکنش یک محیط ناپیوسته (به‌عنوان مثال سنگ تکتونیزه و شدیدا درزه دار) را در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی شبیه‌سازی می‌کند. این نرم‌افزار محیط سنگی را به عنوان مجموعه‌ای از بلوک‌های مجزا تعریف می‌کند که ناپیوستگی‌ها مثل درزه‌ها به عنوان شرایط مرزی بین بلوکی در آنها عمل می‌کنند و جابه‌جایی برشی در امتداد این ناپیوستگی‌ها و نیز چرخش بلوک‌ها می‌توانند انجام گیرند. در این نرم‌افزار امکان تعریف بلوک‌ها به صورت صلب و تغییر شکل‌پذیر وجود دارد. بلوک‌های تغییرشکل‌پذیر به شبکه‌ای از المان‌ها تقسیم‌بندی شده و هر المان با رفتار تنش کرنش خطی یا غیرخطی از پیش تعیین شده‌ای عمل می‌کند. حرکت نسبی ناپیوستگی‌ها با روابط خطی یا غیرخطی نیرو جابه‌جایی در امتداد عمودی یا برشی ناپیوستگی‌ها می‌باشد که مدل سازی ناپیوستگی‌ها را با شرایط موجود زمین‌شناسی وفق می‌دهد. این نرم‌افزار بر اساس محاسبات لاگرانژین عمل می‌کند که برای تغییر شکل‌ها و جابجایی‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار با سرعت محاسبات بالا برای مدل‌هایی با چند هزار بلوک طراحی شده است و حل مسایل در آن با پیشرفت در پله‌های زمانی صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه UDEC با پیشرفتن به صورت پله‌های زمانی معادلات نیرو گشتاور را حل می‌نماید در هر مرحله قبل از شروع مرحله بعدی نیروهای نامتعادل وارد بر سازه‌ها را محاسبه می‌نماید و حل مسئله با اعمال این نیروها ادامه می‌دهد وجود این قابلیت در UDEC امکان بررسی مساله را در فازهای زمانی مختلف امکان پذیر می‌سازد و می‌توان مراحل مختلف طراحی یک پروژه را شبیه‌سازی. این نرم‌افزار سبک بوده و حجم کمی از سیستم را اشغال می‌کند و تحت سیستم عامل MS-DOS اجرا می‌شود.

زمانی که ساختار زمین‌شناسی به خوبی تعریف شده باشد نرم‌افزار می‌تواند به بهترین شکل مورد استفاده قرار گیرد. برای ایجاد ساختار زمین‌شناسی می‌توان درزه‌ها را بطور دستی و یا اتوماتیک بصورت تکی و یا دسته درزه ایجاد نمود. تعداد درزه‌هایی که در مدل تعریف می‌شوند، می‌تواند زیاد باشد. همچنین دو برنامه برای ساخت مدل



هندسی تونل که مدل را با سازه‌هایی با اشکال منظم برای خواندن فایلهای DFX منطبق کنند وجود دارد. یک برنامه پیش پردازشده به نام اتوکد با پسوند PGEN تهیه شده که مخصوصا زمانی کاربرد دارد که مدل شامل سازه‌ها و درزه‌های با اشکال پیچیده باشد.

مدل‌های متفاوتی برای بررسی رفتار درزه‌ها موجود می‌باشد. مدل اصلی و پیش‌فرض برنامه برای مدل‌سازی درزه‌ها معیار کلمب می‌باشد. که خصوصیاتی از جمله سختی الاستیک، زاویه اصطکاک، چسبندگی، مقاومت کششی و خصوصیات انبساطی را به یک درزه اختصاص می‌دهد. یک اصلاح برای این مدل در نظر گرفتن ضعیف شدن در اثر کاهش مقاومت برشی و چسبندگی در ابتدای شکست برشی می‌باشد.

این نرم‌افزار با فرمولاسیون ناپیوسته برای بلوک‌های سخت و حل صریح کلیه معادلات حرکت، تحلیل حرکت‌های بزرگ در شیب‌های سنگی درزه‌دار را تسهیل می‌کند.

این نرم‌افزار دارای یک زبان برنامه‌نویسی قدرتمند به نام FISH می‌باشد. کاربر با این زبان برنامه‌نویسی می‌تواند توابعی را برای افزایش کارایی UDEC بنویسد. این زبان برنامه نویسی یک قابلیت منحصر به‌فرد برای کاربرانی که می‌خواهند تحلیل را با نیاز ویژه خودشان تطبیق دهند فراهم می‌کند. برخی از کارهایی که با کمک FISHمی‌توان انجام داد عبارت‌اند از:

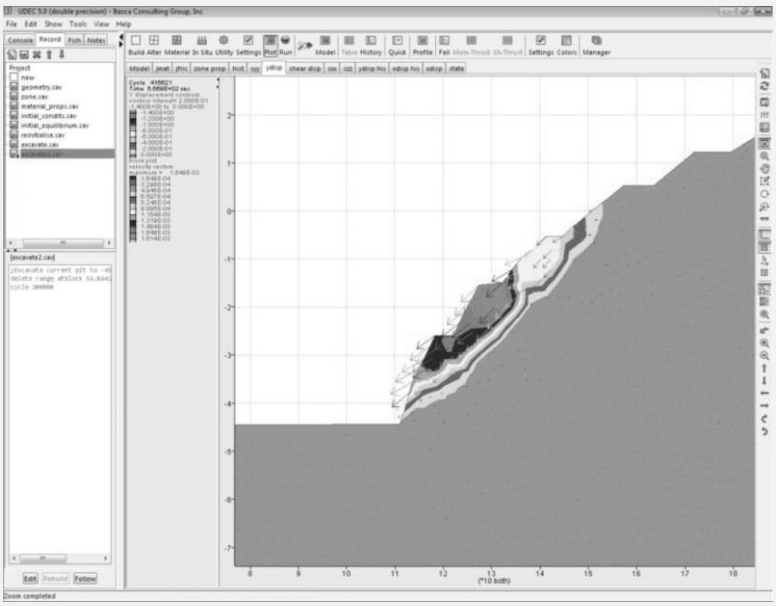
۱. اعمال تغییرات در ساختار بلوک (مثلا افزایش غیرخطی مدول‌ها با عمق.)
۲. نمایش و چاپ متغییرهایی که توسط کاربر تعریف می‌شوند.
۳. به - کار گرفتن سازندهای درزه‌ها.
۴. کنترل خودکار آزمایش‌های عددی.
۵. مشخص نمودن شرایط مرزی غیر معمول (یعنی اعمال تغییرات در شرایط نسبت به مکان و فضا)
۶. . کنترل خودکار آزمایش‌های عددی
۷. اتوماتیک کردن مطالعه پارامترها.

پایه این نوع زبان دستورات شناخته شده ای می‌باشد که به کاربر اجازه می‌دهد که هر دستور را به آسانی فرا بگیرد. مدل‌سازی‌های مهندسی معمولا از مراحل طولانی و پشت سر هم تشکیل شده اند. به عنوان مثال برخی ازاین مراحل عبارتند از : محاسبه تنش درجا، وارد کردن نیروها، احداث تونل، اعمال کردن نگهداری و ... وارد کردن یک سری از دستورها (از طریق صفحه کلید و یا فایل) تقریبا مشابه مراحل فیزیکی کار می‌باشد. یک فایل که شامل دستورات می‌باشد می‌تواند در یک ویرایشگر متن تهیه شود.

همچنین فایل‌های مختلفی در هنگام اجرای تحلیل می‌تواند به برنامه اتصال داده شود. این قابلیت برای تغییر چند پارامتر و مشاهده جواب آن‌ها ایده‌آل می‌باشد. وارد کردن دستورات در فایل به صورت پشت سر هم، وسیله‌ای عالی برای مستندسازی مراحل انجام کار تحلیل می‌باشد. ساختار دستوری به کاربر اجازه می‌دهد که برنامه‌های پیش‌پردازشده را به‌طور مطلوب به کار گیرد. نرم‌افزار UDECمدلی با بیش از2522 بلوک صلب (1222 بلوک تغییر شکل‌پذیر را با 8 درجه آزادی برای هر بلوک در یک رایانه شخصی با 4 مگابایت RAM) حل می‌کند. البته نسخه جدید این نرم‌افزار به‌نام 3DEC نیز موجود می‌باشد که توانایی حل مسایل به صورت سه بعدی را فراهم ساخته است.

UDECمخفف عبارت « Universal Distinct Element Code »می‌باشد.

با توجه به قیمت نسبتا ارزان توانسته است به صورت یک نرم‌افزار عمومی مطرح شود. از طرفی دقت بالا، مدل‌سازی مناسب و امکانات کامل محاسبات مکانیک سنگی بر کارآیی آن افزوده است.



معرفی کنفرانس

International Conference on Mining, Material and Metallurgical Engineering (MMME'14)

August 11 - 12 2014, Prague, Czech Republic

مریم غضنفری، دانشجوی کارشناسی مهندسی استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مخفف کنفرانس بین المللی معدن، مواد و مهندسی متالورژی MMME'14 یک کنفرانس جامع برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات، تجربیات و ایجاد پیشرفت در جنبه‌های مختلف نظری و کاربردی استخراج معادن، مواد و مهندسی مواد (متالورژی) است.

ما بر این باوریم که کنفرانس‌های گسترده‌ای مانند MMME می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای با گرد هم آوردن کارشناسان مرتبط در زمینه‌های مختلف ایجاد کند که اغلب برای کمک به ایجاد فرصت‌های منحصر به فرد و شکل دادن به ایده‌های جدید کارشناسان و محققان همکاری می کند.

همه پذیرفته‌شدگان و مقالات ارائه شده در کنفرانس منتشر خواهد شد. همچنین، مقالات انتخاب شده در شماره ویژه مجله بین‌المللی یا مجموعه کتاب (TBD) منتشر شده است.

این کنفرانس در شهرستان زیبای پراگ(جمهوری چک) برگزار خواهد شد.

تاریخ‌های مهم و مهلت برای کنفرانس بین المللی معدن، مواد و مهندسی متالورژی (MMME'14) به شرح زیر است:

تاریخ کنفرانس: آگوست ۱۱-۱۲، ۲۰۱۴

آخرین مهلت ارسال مقاله ۲۰۱۴ مارس ۱۵

EMAIL:
info@MMMEconference.com
WEBSITE:
www. MMMEconference.com

این کنفرانس شامل تمها و موضوعات زیر می باشد:

- مواد پزشکی
- مواد مبتنی بر کربن
- ریخته گری
- پوشش
- مواد کامپوزیتی
- مواد مقاوم در برابر خوردگی
- زمین‌شناسی
- آلیاژهای قدرت بالا
- ابزار دقیق و کنترل
- مواد مغناطیسی
- مواد فیزیک
- نیمه‌هادی‌ها
- مواد هوشمند
- انجماد
- مواد پردازش و حمل و نقل
- ماشین آلات پردازش فلزات
- اصول و فنون متالورژی
- فرآوری مواد معدنی
- معدن و ایمنی
- اصول و فنون استخراج
- فناوری نانو، استخراج از معادن ، مهندسی متالورژی و مواد
- مواد و اجراهای جدید
- مواد نوری
- نمودار فاز
- مواد Polymeteric
- پدیده‌های سطحی

کلیه مشارکت‌های شما باید اصل باشد و باید در جای دیگر منتشر نشده باشد

مقالات را در سه نوع نسخه می توان ارئه نمود: مقالات قابل تعمیم(خلاصه مقالات) ، مقالات کوتاه، مقالات کامل

مقالات قابل تعمیم یا خلاصه مقالات:

این ارسالی باید شامل ۷۰۰-۱۰۰۰ کلمه باشد. باید یک نشانه واضح و روشن از اهداف ، دامنه، و نتایج (در صورت موجود بودن) پژوهش را شامل شود. ارائه برای این ارسالی‌ها تا ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شده است.

مقالات کوتاه:

این ارسالی باید یک نشانه واضح و روشن از اهداف، دامنه، و نتایج حاصل از این مقاله را بدهد ، و باید حداقل شامل چکیده ،مقدمه ،نتایج ،بخش بحث و گفتگو ، وبخش مرجع باشد . مقالات کوتاه به ۴ صفحه محدود است. ارائه برای این ارسالی‌ها تا ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شده است.

مقالات کامل:

این مقالات توصیفی از کاری است که انجام شده است و محدود به ۸ صفحه است. همچنین ، بخش ، تصاویر، نمودار، و نتایج می‌تواند در این مقالات به نمایش گذاشته شود. ارائه برای این ارسالی‌ها تا ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شده است.

معرفی معدن

احسان آزادی، دانشجوی کارشناسی مهندسی استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

معدن سنگ مرمریت کوه سفید فنجان بوانات یا به عبارتی معدن مرمریت شایان واقع در استان فارس، شهرستان بوانات ودر مجاورت روستای فنجان در طول جغرافیایی ۳۶درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه قرارداد. جاده اختصاصی معدن در ۱۵ کیلومتری جاده آسفالته بوانات-سروستان شروع می‌شود و ۱۸ کیلومتر تا معدن ادامه دارد. این منطقه دارای آب و هوایی معتدل با میزان بارندگی ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

مرمریت‌های این معدن از متامورفیسم آهک‌ها به وجود آمده‌اند که هم اکنون در مرحله کاتاژنز می‌باشد. در نتیجه از لحاظ بافت و سختی شرایط مناسبی برای ورود به بازار سنگ ساختمانی را دارند که فاکتور رنگ زمینه حضور این سنگ را در بازار جهانی را فراهم آورده است. مرمریت‌های شایان به رنگ سفید تا کرم می‌باشد که بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی و عملکرد آلتراسیون و حضور اکسید آهن، لکه‌های سبز لجنی، سیاه و رگه‌های قرمز در متن سنگ‌های قسمتی از معدن دیده می‌شود. امتداد لایه‌های معدن در راستای شمال غربی-جنوب شرقی می‌باشد و لایه‌ها تقریبا عمودی قرار گرفته و زاویه‌ای حدود ۱۰ درجه نسبت به امتداد قائم دارند.

براساس سوابق موجود فعالیت بهره برداری از معدن از اواخر سال ۷۹ توسط شرکت شایان مرمریت شیراز آغاز گردید در این راستا فعالیت‌های وسیع اکتشاف، آماده سازی و سرمایه گذاری عظیم انجام شده دراین معدن ونتایج حاصل از آن کاملاً مشهود است.

معدن شایان مرمریت از نظر زمین شناسی در زون سنندج-سیرجان قرار گرفته است. این زون یک زون دگرگونی است و در آن معادنی نظیر معادن آهن، مگنتیت و مس به وفور یافت می‌شود. طول این زون تقریبا ۱۴۰۰کیلومتر است و از سنندج در استان کرمان شروع و پس از عبور از استانهای همدان، مرکزی و اصفهان وارد استان فارس می شود که در فارس از شهرستان‌های آباده، خرم بید و بوانات عبور می کند و نهایتا در شهرستان سیرجان واقع در استان کرمان به انتها می‌رسد.

ذخیره معدن

ذخیره قطعی معدن در ابتدا ۱ میلیون تن تعیین گردید ولی پس از عملیات اکتشافی مجدد در حین عملیات بهره برداری این مقدار به ۴/۷ میلیون تن رسید.

ذخیره معدنی این معدن در تراز ارتفاعی بالای ۳۰۰۰ متر از سطح دریا واقع شده که شرایط کاری خاص خود را دارد و علی‌الخصوص در فصل‌های سرد سال مسائل ناشی از شرایط بد جوی کار در سینه کارها را دچار مشکل می‌نماید.

نیروی انسانی معدن

دراین معدن درحال حاضر ۲۰۰ نفر پرسنل مشغول به‌کار می‌باشند . همچنین تیم مدیریتی و کارشناسی عبارتند از : ۷ نفر مهندس معدن ۳ نفر زمین شناس و۴ نفر کارشناسان مالی و اداری .

روش استخراج

روش استخراج ماده معدنی بصورت پلکانی و در ۱۸ پله استخراجی می‌باشد که ۵ پله فوقانی بعنوان باطله و آماده سازی و مابقی پله‌ها ، پله‌های تولیدی محسوب می‌گردند. طول پله‌ها از حدود ۳۰ متر در پله‌های فوقانی نا حدود ۱۲۰متر در پله‌های استخراجی پایین متفاوت می‌باشد و ارتفاع پله‌ها ۶ متر تعبیه شده است. جهت جدا کردن بلوک‌های سنگی از دل کوه از سیستم برش سیم الماسه وهمچنین دستگاه‌های هاواژ استفاده می‌شود .

محدوده معدنی شایان تحت تاثیر دو گسل قرار گرفته است که گسلی که در شرق معدن قرار دارد و تا بلوک شمالی امتداد دارد سنگ قسمتی از پله های معدن را خرد و با اجازه عبور آبهای جوی از درون سنگ زمینه آلتره شدن سنگ‌ها را فراهم کرده است. اما گسل دیگر که در غرب محدوده واقع شده خارج از محدوده پله های طراحی شده استخراج اثر کرده و تاثیر تخریبی زیادی ندارد البته این گسل امکان گسترش معدن به سمت غرب را کاهش داده است.

برخی تجهیزات و دستگاه‌های مشغول بکار در معدن عبارتند از:

بلدوزر	۳ دستگاه
لودر	۵ دستگاه
بیل مکانیکی	۵ دستگاه
دستگاه راسول	۲۰ دستگاه
دستگاه سیم برش الماسه	۳۵ دستگاه
دستگاه کمپرسور	۶ دستگاه
موتور برق	۶ دستگاه

برخی عملیات عمرانی وساختمانی انجام شده دراین معدن عبارتند از:

احداث جاده دسترسی به معدن

احداث ساختمان‌های اداری – خدماتی و مهمانسرا

احداث سوله انبار وتعمیرگاه

احداث کارخانه فرآوری سنگ در مجاورت معدن که یکی از بزرگترین مزیتهای این معدن وجود کارخانه سنگبری معدن می‌باشد به گونه‌ای که با فرآوری بخشی از تولیدات معدن باعث افزایش بازدهی وایجاد ارزش افزوده در این بخش می‌گردد.

در ضمن در سال جاری معدن به شبکه برق سراسری متصل گردیده است.

افتخارات

معدن شایان مرمریت درسال ۹۲ ضمن کسب بعنوان واحد نمونه کشوری در سال ۹۲ موفق به دریافت لوح تقدیر وتندیس از معاون اول رئیس جمهور گردید.

از طرفی در همین سال از طرف خانه صنعت ومعدن وتجارت استان فارس موفق به دریافت عنوان بهره بردار نمونه معدن استان گردید.

واژه نامه

فاطمه نصیری، دانشجوی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

Back break	عقب‌زدگی
Blasting	آتشباری
Burden	بارسنگ
Combined area	محیط تؤامان
Comminution	خردایش
Cohesion	چسبندگی
Creep	خزش
Crusher.....	سنگ‌شکن
Deformation taking	تغییرشکل‌پذیری
Degree of liberation	درجه آزادی
Drinage	زه‌کشی
Excavation	حفاری
Grouting	تزریق دوغاب
Nailling	میخ‌کوبی
Orthogonal arrays	آرایه‌های متعامد
Permeability	تراوایی
Pretreatment process	پیش‌فرآوری
Prospecting	پی‌جویی
Recovery	بازیابی
Refractory	مقاوم
Roasting	تشویه
Sag	نشست
Scaler method	روش عددی
Shear strength	مقاومت برشی
Spacing	فاصله‌داری
Special sharge	خرج ویژه
Stemming	گل‌گذاری
Stiff	صلب
Tailling	باطله
Tensile strength	مقاومت کششی
Waterway	آب‌راهه

فرم اشتراک بلور

نام:..... نام خانوادگی:.....

میزان تحصیلات:..... شغل:.....

سمت:..... مبلغ واریز شده:.....

تعداد مورد تقاضا از هر شماره:..... کد پستی:.....

نشانی کامل پستی:..... تلفن:.....

صندوق پستی:..... فاکس:.....

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

جهت اشتراک ۱ ساله در مجله ی بلور می توانید مبلغ ۸۰۰۰۰ ریال (با احتساب هزینه ی پست)به صورت علی الحساب به حساب عابر بانک به شماره : ۱۹۷۶۲۴۵۸/۴۴ بانک ملت به نام مصطفی سلیمی 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 مفقودشدن وجه ارسالی این نشریه هیچگونه مسئولیتی نخواهد داشت . به تقاضاهایی که آدرس ناکامل و یا بدون فیش بانکی بوده باشد ترتیب اثر داده نخواهد شد .

روی پاکت ، موضوع مکاتبه و شماره ی فیش بانکی را درج نمایید.

آدرس: تهران ، خیابان حافظ ، روبروی خیابان سمیه ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی ، طبقه ی اول ، دفتر نشریه ی بلور

تلفکس : ۶۴۵۴۲۹۴۲

Email: info@blour.ir Website: www.blour.ir