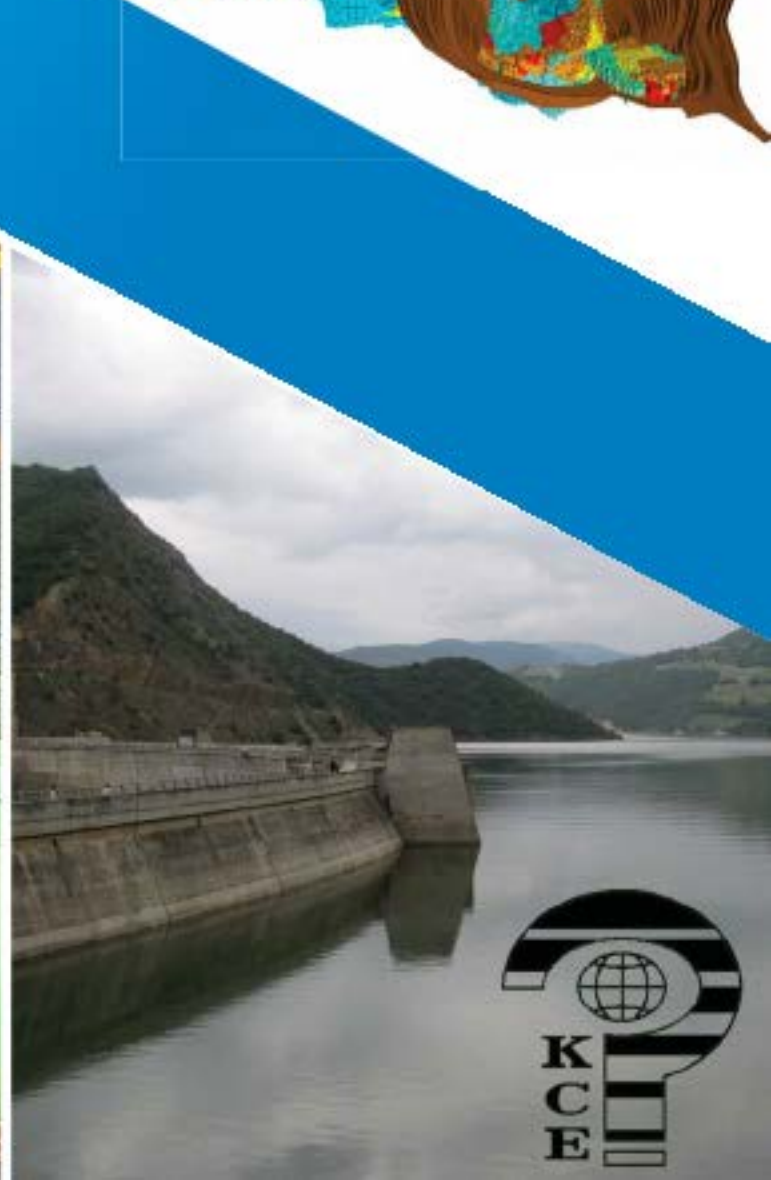
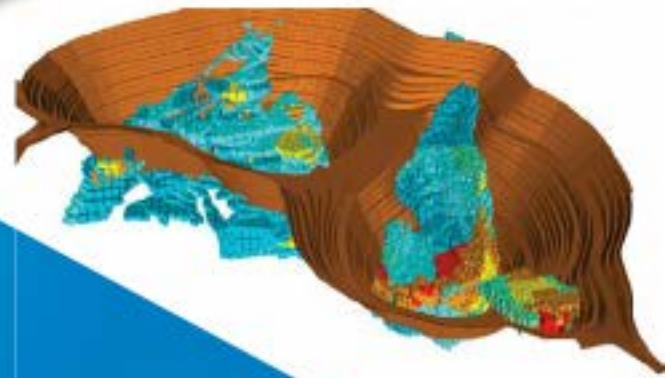
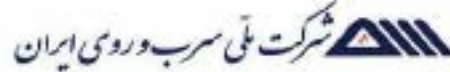
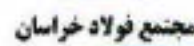


# کاوش نامه

خبرنامه تخصصی شرکت مهندسی مشاور گاشگران  
شماره یک - زمستان ۱۳۹۹





شرکت مهندسين مشاور کاوشگران  
سهامي خاص - تاسيس ۱۳۶۲

Kavoshgaran Consulting Engineers  
Since 1984

# کاوش نامه

خبرنامه تخصصی شرکت مهندسين مشاور کاوشگران  
شماره ۱- زمستان ۹۹

آنچه در این شماره می خوانید:

- ۲..... سخن مدیرمسئول
- ۳..... سخن سردبیر
- ۶..... تاریخچه کاوشگران
- ۹..... اعضای هیئت مدیره
- ۱۰..... جغرافیای کاوشگران
- ۱۲..... پروژه های برون مرزی
- ۲۰..... بخشی از پروژه های در حال انجام
- ۳۴..... عضویت و صلاحیت ها
- ۳۶..... ضرورت مدیریت مصرف آب
- ۳۸..... نقش تیکنرها
- ۴۰..... معرفی کتب
- ۴۲..... بومی سازی دانش
- ۴۳..... تلفیق نشاتگرهای ژئوفیزیکی
- ۵۵..... معدنکاری عمیق
- ۵۹..... تحلیل اقتصادی
- ۶۱..... گفت و گو
- ۶۲..... انسان و مواد معدنی
- ۶۳..... مغاخر

صاحب امتیاز:

شرکت مهندسين مشاور کاوشگران

مدیر مسئول: محمدرضا اسفندیاری

سر دبیر: سعید قاسم زاده

طراح و ویراستار: الناز قلعه

همکاران این شماره:

زهرا یاقوتی، ملیحه پورملکی، مهشید ساروخانی

فرید رافعی، محمدمهدی رویایی، بابک شیبانی،

سروش معمارزاده، احسان آزاد، حامد امیری،

کامیار حیدرزاده، سامان نقی خانی، مرضیه مینایی

اندیشه علیمرادى، عادلہ شجاعى، عارفه شجاعى

نشانی:

انتهای ستاری شمال - خیابان زیتون - نبش

چمران - کوچه ارغوان یکم - پلاک ۴

تلفن:

۰۲۱-۴۴۸۰۶۰۷۰

فکس:

۰۲۱-۴۴۸۰۸۱۶۶

ایمیل:

[info@kce.ir](mailto:info@kce.ir)

سایت:

[www.kce.ir](http://www.kce.ir)



## پیام مدیر مسئول

دکتر محمدرضا اسفندیاری  
دکتری کسب و کار

باید پذیرفت که نیاز امروزه صنعت کشور، فقط استفاده از تکنولوژی به روز نیست بلکه هوشمندسازی آن برای بهینه کردن در استفاه از منابع و افزایش کیفیت، قیمت رقابتی خواهد بود. در دنیای رقابتی امروزی، با توجه به حجم سرمایه‌گذاری‌های کلان در همه بخش‌های صنایع معدنی و فولادی و نفتی، لزوم هوشمندسازی بسیار ضروری بنظر می‌رسد. رفتار هوشمند در بخش صنایع و پرهیز از فعالیت‌های جزیره‌ای، حلقه مفقوده می‌باشد، ما بدنبال فرهنگ‌سازی و پسترسازی در صنایع مختلف برای بهره‌گیری و استفاده از تکنولوژی روز دنیا به همراه رفتاری هوشمند می‌باشیم. توسعه پایدار و ایمن، در گرو هوشمندسازی در بخش صنعت می‌باشد.





## پیام سردپیر

مهندس سعید قاسم زاده  
کارشناس ارشد اکتشاف معدن

با ظهور انقلاب صنعتی چهارم و هوشمند شدن جوامع به خصوص جامعه مهندسی لازم است در راستای ارتقای دانش‌ها و توانایی‌هایمان بیشتر تلاش کنیم. در این راستا، ارائه نتایج حاصل از انجام پژوهش‌های دانشگاهی و صنعتی می‌تواند محققان، مهندسان و صنعت‌گران در مسیر نیل به اهداف خویش یاری نماید. شرکت مهندسی مشاور کاوشگران به عنوان یک سازمان با قدمت و پویا بر آن است برای ارتقای دانش پژوهشی و صنعتی جامعه مهندسی کشور به خصوص مهندسی معدن و زمین‌شناسان از طریق آماده‌سازی و چاپ نشریه علمی - تخصصی کاوش‌نامه گامی مؤثری بردارد. خدا را شاکر هستیم که اینک اولین شماره‌ی نشریه کاوش‌نامه آماده و تقدیم می‌گردد. در این شماره ضمن معرفی شرکت مهندسی مشاور کاوشگران و ارائه گزارش جمع از فعالیت‌های انجام شده از بدو تاسیس تا کنون، جدیدترین مطالب در زمینه‌های مختلف تقدیم خواهد شد. بدون شک مجموعه حاضر بدون مساعدت مدیران و کارشناسان محترم شرکت مهندسی مشاور کاوشگران به نتیجه نمی‌رسید. از این رو، بر خود لازم می‌دانم از همکاران عزیزم که در راه اندازی و انتشار نشریه تلاش نمودند قدردانی نمایم.



## تاریخچه کاوشگران



شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، در آذرماه سال ۱۳۶۲ توسط گروهی از دانش آموختگان داخل و خارج کشور و صاحب نظران معدن و زمین شناسی تاسیس گردید. در سال های آغازین تاسیس شرکت (دهه شصت شمسی) واژه مهندس مشاور ایرانی در بین متولیان معدن و صنایع معدنی کشور واژه ای غریب و ناآشنا بود و اگر هم در بخشی از صنایع معدنی کشور از خدمات مهندسی مشاور داخلی استفاده می شد حتماً در کنار نیروهای یک یا چند شرکت خارجی بود و بدتر از آن می توان گفت که فرهنگ و باور جامعه معدنی و صنعتی کشور برای استفاده از مهندسين مشاور داخلی شکل نگرفته بود. به هر صورت در چنین شرایط سخت و دشواری شرکت کاوشگران با تشکیل یک ساختار سازمانی مناسب و جذب بهترین متخصصان داخلی و آموزشی کارشناسان و مهندسان جوان کشور و انتقال دانش فنی و تجربه به آنان توانست ضمن جلب رضایت متولیان معدن و صنایع معدنی کشور و کارفرمایان خود در بهترین سطح ممکن، بیش از هفتصد پروژه معدنی و صنعتی را در مقیاس و زمینه های مختلف طراحی، مهندسی مشاوره و نظارت در داخل و خارج کشور به انجام برساند. این شرکت در زمره معدود شرکت هایی است که موفق به اخذ رتبه بندی و مجوز فعالیت در کلیه تخصص های گروه مهندسی معدن و صنایع معدنی در بالاترین سطح ممکن گردیده و دارای پایه ارشد در تخصص معدن است. با توجه به حسن شهرت و سابقه کاوشگران، بسیاری از شرکت ها، سازمان ها و موسسات دولتی و خصوصی گوناگون به عنوان کارفرما همواره با این مجموعه همکاری داشته و دارند. وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)، شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران، شرکت ملی فولاد ایران، شرکت ملی صنایع مس ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، وزارت راه و شهرسازی، وزارت نیرو، ذوب آهن اصفهان، شرکت فولاد مبارکه اصفهان، شرکت مادر تخصصی توسعه معادن و صنایع معدنی خاورمیانه (میدکو)، باتک صنعت و معدن، شرکت های فولادی کشور و... از جمله مهمترین کارفرمایانی هستند که در طول سال های فعالیت شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، با این مجموعه همکاری نمودند. تداوم و استواری این شرکت طی ۳۸ سال بی شک مرهون زحمات و تلاش دسته جمعی همکاران عزیزمان است و بسیار خرسندیم که علی رغم تمامی فراز و نشیب ها طی این چهاردهه، چراغ این شرکت هم چنان روشن است و با اشتیاق منتظر آینده روشن کاوشگران در دهه پنجم حیات خود هستیم.

## زمینه های فعالیت شرکت

سرفصل خدمات تخصصی کاوشگران را می توان به شرح زیر بر شمرد:

- ۱- طراحی و انجام عملیات اکتشافی (پی جویی، مقدماتی، نیمه تفصیلی و تفصیلی)
- ۲- تهیه نقشه های زمین شناسی و تپوگرافی در مقیاس های مختلف
- ۳- مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک (خاک و سنگ)
- ۴- طراحی استخراج معدن (زیرزمینی و روباز)، برنامه ریزی و زمانبندی بهره برداری با بهره گیری از به روزترین نرم افزارهای تخصصی
- ۵- انجام مطالعات کنه آرابی و طراحی خطوط فرآوری (مهندسی پایه و تفصیلی)
- ۶- انجام مطالعات فنی و اقتصادی از مقدماتی تا تفصیلی (بانک پذیر) برای پروژه های معدنی و صنایع مرتبط
- ۷- نظارت کارگاهی، نظارت عالی و بازرسی ساخت در پروژه های معدنی و صنایع فرآوری و پایین دستی مرتبط
- ۸- انجام خدمات مهندسی پایه و تفصیلی کارخانه های فرآوری مواد معدنی و ابنیه و زیرساخت های جنبی
- ۹- ارزیابی ذخایر معدنی یا به روزترین روشهای متداول و نرم افزارهای تخصصی
- ۱۰- مشاوره حقوقی و تهیه اسناد و برگزاری، مناقصات C و EP و EPC و...
- ۱۱- مدیریت جامع MC و کنترل پروژه در تمامی زمینه های تخصصی
- ۱۲- انجام خدمات مهندسی خرید، نصب و راه اندازی پروژه های معدنی و صنایع مرتبط



## سابقہ همکاری با شرکت ها و اشخاص



### شرکت های داخلی:

- \* شرکت آسفالت طوس
- \* شرکت مهندسين مشاور آسه صنعت
- \* شرکت فکور صنعت
- \* بهین سامان سرزمین
- \* شرکت مهندسين مشاور ایتسن
- \* شرکت مهندسين مشاور فرادید
- \* شرکت مهندسين مشاور ناموران
- \* شرکت ساختمانی سپرسنگ
- \* شرکت ساختمانی آرادان
- \* شرکت آریاهنگار
- \* شرکت هزار صنعت

### کارشناسان خارجی

- Mr. Graeme Heyes (CSIRO- Melbom, Australia)
- Mr. John Starkey (Canada)
- Prof. Najdat I. Aziz (University of Wollongong-Australia)
- Mr. Keith W. Dawson (Queensland Australia)

### شرکت های خارجی

- REXROTH-AG (GERMANY)
- RDS GRUPA (SERBIA)
- ALPEX COMPANY (POLAND)
- FL SMIDTH(PTY)LTD. (SOUTH AFRICA)
- STARKEY & ASSOC. (INC.) (ONTARIO CANADA)
- SRK CONSULTING ENGINEERS AND SCIENTISTS(UK)
- MINTEC GROUP (SOUTH AFRICA)
- GUNHAN MACHINERY AND DRILLING (TURKEY)
- INTERNATIONAL PROJECT SOLUTION (AUSTRALIA)
- CITIC INTERNATIONAL COOPERATION CO. (CHINA)
- DEUTSCHE MONTAN TECHNOLOGIE GMBH (GERMANY)
- WARDELLARMSTRONGINTERNATIONAL(ENGLAND)

## اعضای هیئت مدیره

مجید غیائی  
مدیرعامل  
کارشناسی معدن



افشین اعتمادی ال آقا  
رئیس هیئت مدیره  
کارشناسی معدن



فرامرز اسلامبول تساج  
نایب رئیس هیئت مدیره  
کارشناسی زمین شناسی



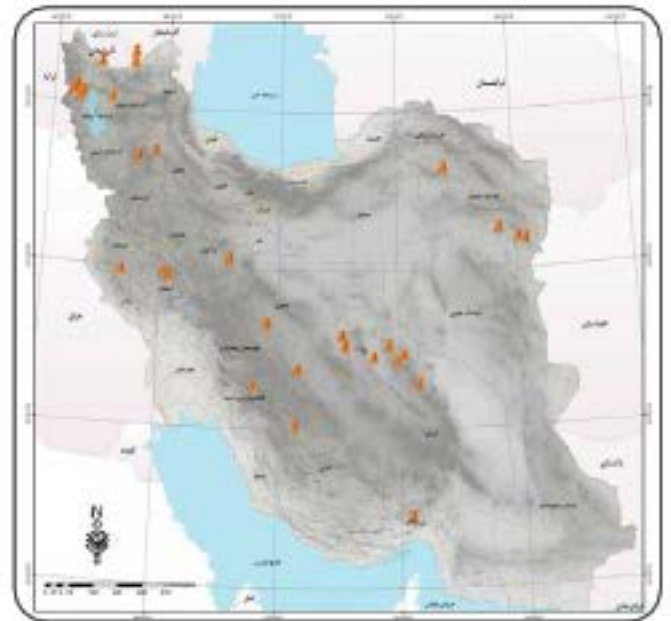
آرمین هورمزدی  
عضو هیئت مدیره  
کارشناسی برق



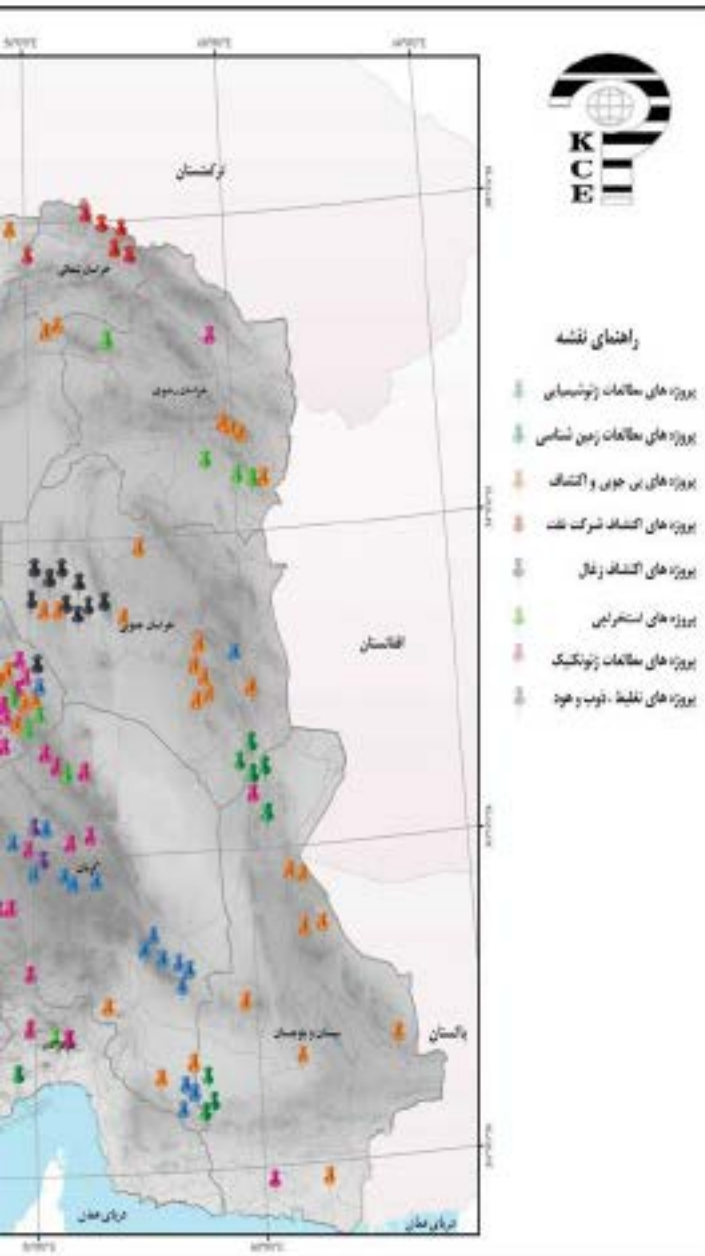
مارال شفاعت دوست  
عضو هیئت مدیره  
کارشناسی ارشد کسب و کار بین الملل



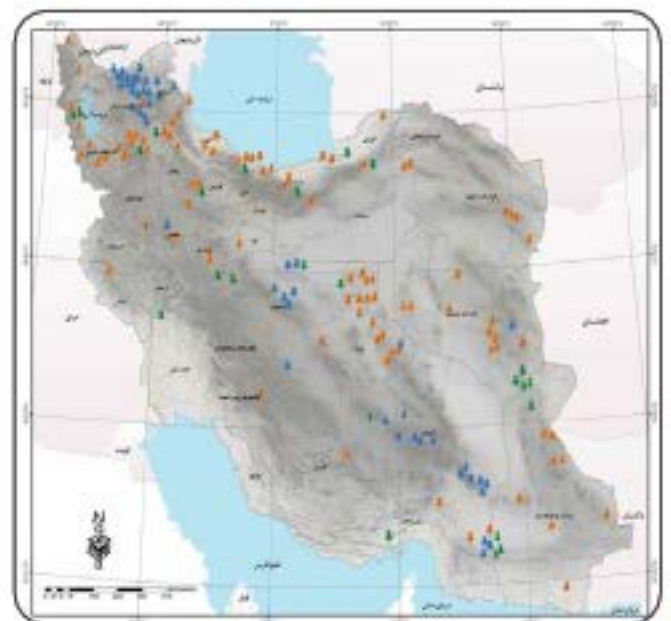
# جغرافیای کاوش



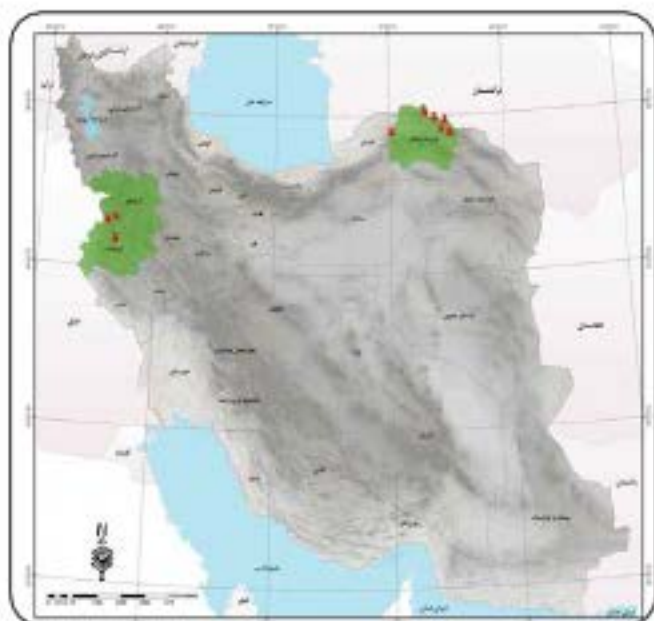
پروژه های استخراجی



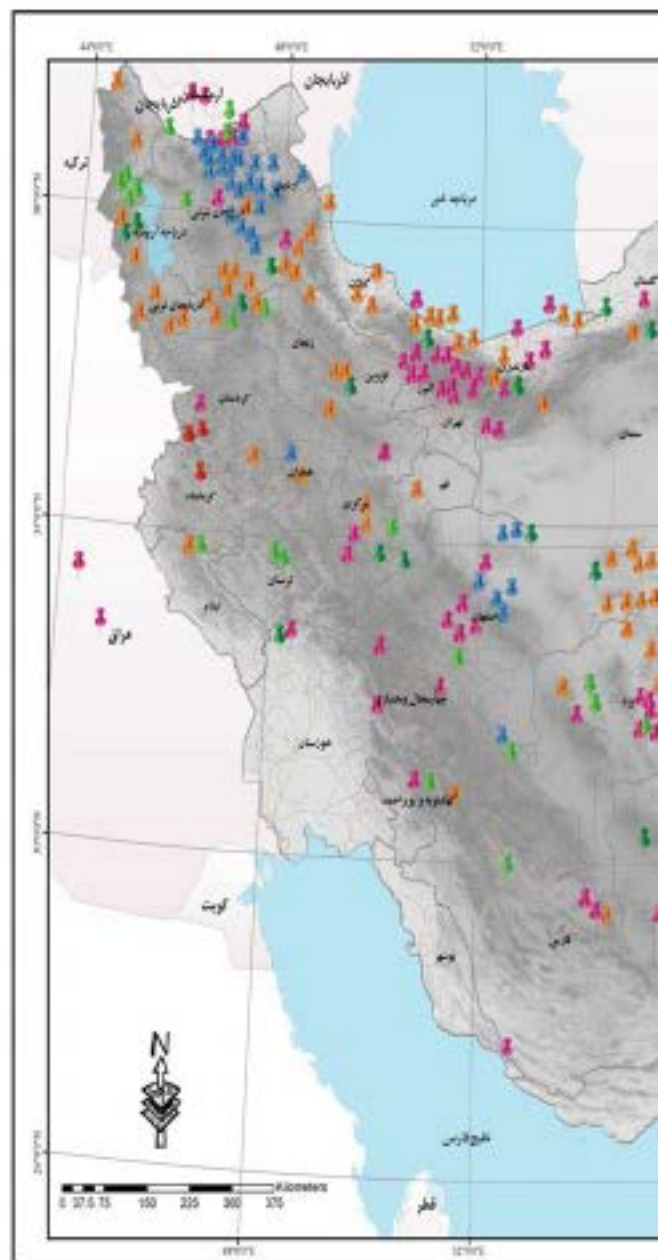
پروژه های مطالعات ژئوشیمیایی،  
زمین شناسی، پی جویی و اکتشاف



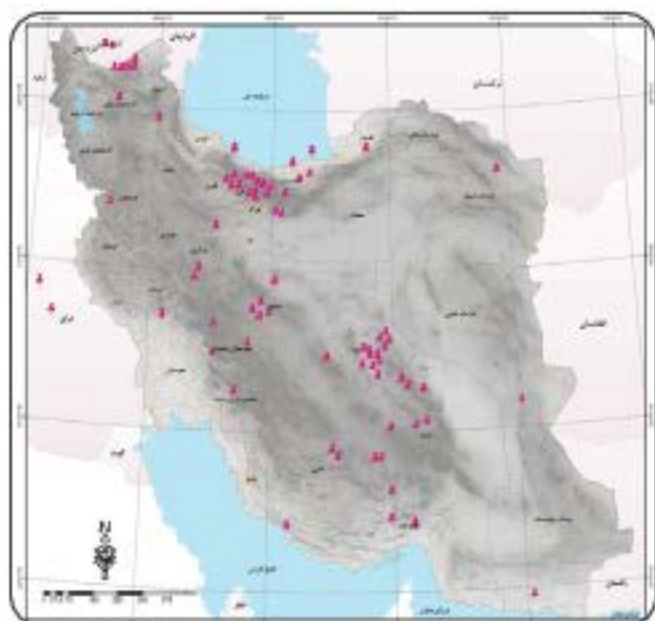
# نگران در ایران



پروژه های اکتشافی شرکت نفت



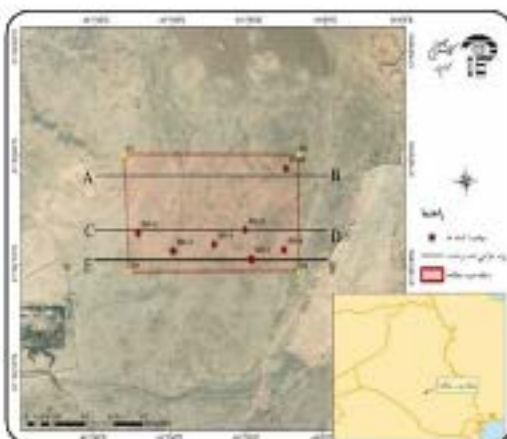
پروژه های مطالعات ژئوتکنیک



## مطالعات ژئوتکنیک ساختگاه کارخانه نورد فولاد کربلا و نجف

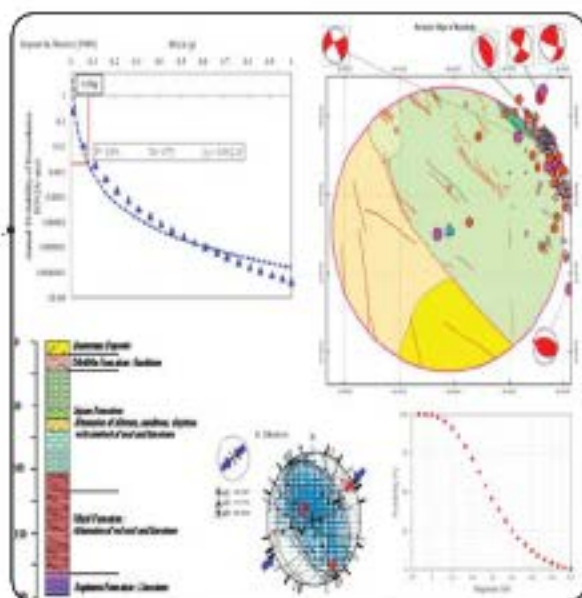
محل ساختگاه کارخانه نورد فولاد کربلا در ۲۰ کیلومتری باختر شهر کربلا و کارخانه نورد فولاد نجف در ۲۵ کیلومتری باختر شهر نجف واقع شده است. شرکت مهندسی مشاور کاوشگران توانست با بهرمندی از بهترین متخصصان فن، علاوه بر ارائه خدمات در بهترین سطح ممکن با بکارگیری تجهیزات و نرم افزارهای به روز و متعارف انجام پروژه‌های بیرون مرزی کربلا و نجف را با موفقیت به انجام برساند. خدمات کلی ارائه شده در این پروژه‌ها شامل مطالعات زمین‌شناسی مهندسی، تحلیل خطر زمین لرزه، مطالعات ژئوفیزیک به روش ژئوالکتریک، انجام حفاری‌های ژئوتکنیکی، انجام آزمایش‌های برجا و آزمایشگاهی، مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی ساختگاه می‌باشد.

## پروژه های بیرون مرزی

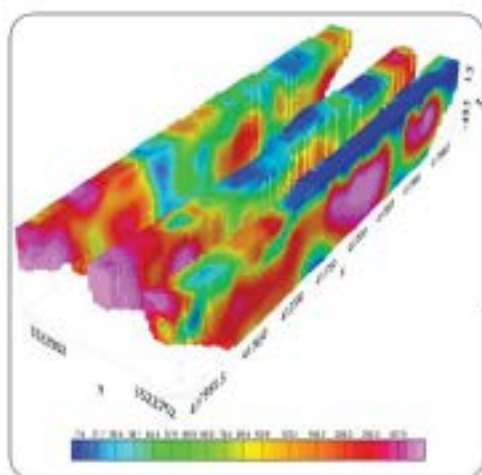


محل پروفیل‌های برداشت داده به  
همراه محل گمانه‌های حفر شده  
در سایت نجف

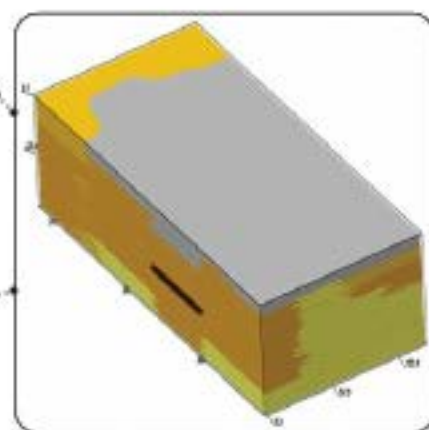




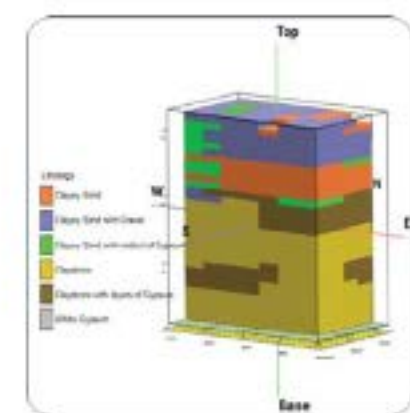
مطالعات تحلیل خطر زمین لرزه



نمایش سه بعدی پروفیل های پتانسیل الکتریک در سایت نجف



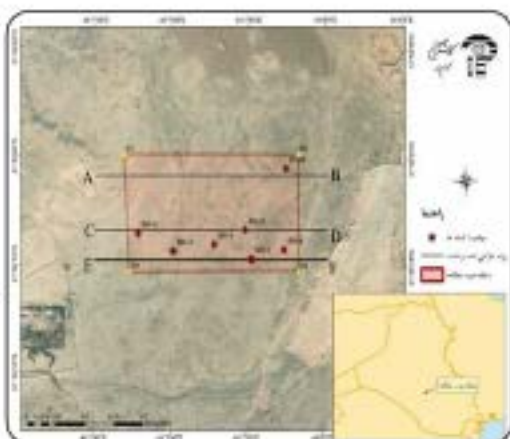
مدل بدست آمده با استفاده از اطلاعات گمانه های حفر شده و مقاطع



مدل سه بعدی وضعیت تحت الرضی ساختگاه کارخانه نورد فولاد کربلا در مقیاس عمودی اغراق شده است

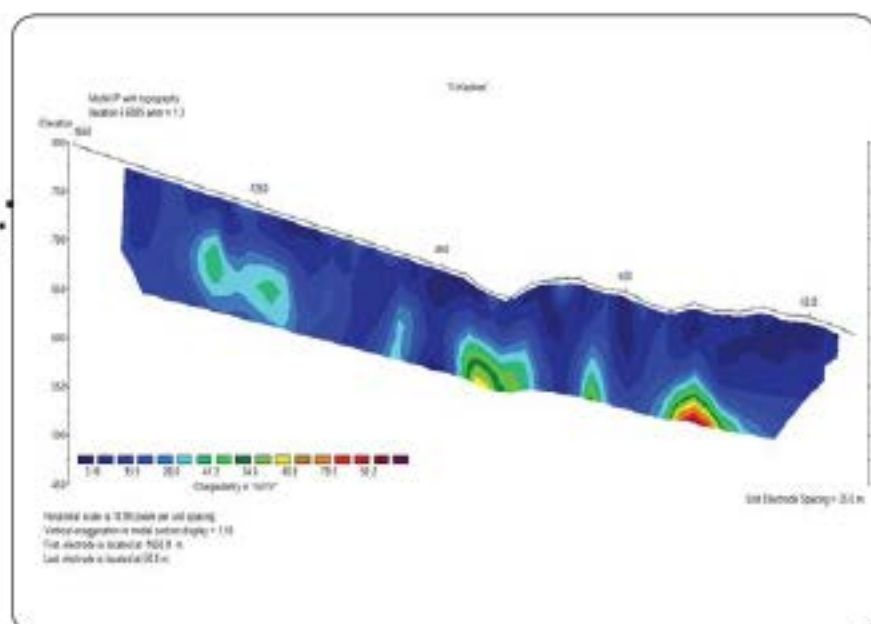
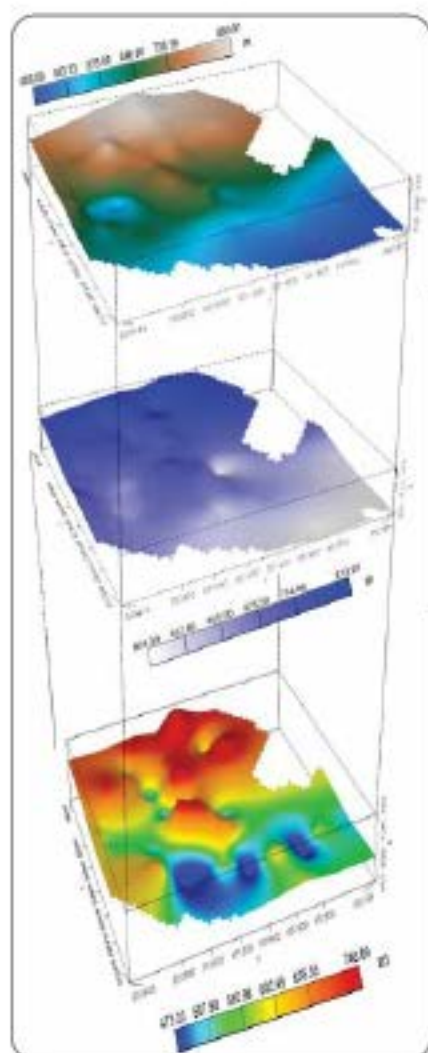
## مطالعات پایداری طرح استخراج معدن کاشن - فاز ۲

مطالعات تحلیل پایداری شیب و هیدروژئولوژی در معدن کاشن به عنوان یک پروژه‌ی بیرون مرزی موفق در سال ۱۳۹۴ توسط مهندسين مشاور کاوشگران انجام شده است. معدن کاشن از نوع مس مولیبدن پورفیری بوده که در منطقه‌ی قزیه باغ و هم مرز با کشور آذربایجان واقع شده است. در این معدن در مدت بیش از ۵ سال انجام شد. در راستای این پروژه مهندسين شرکت کاوشگران به طور مرتب معدن را مورد بازدید قرار داده و ضمن آموزش پرسنل مقیم معدن، گزارش‌های پایداری شیب و به تبع آن طراحی معدن را به روز می‌کردند.

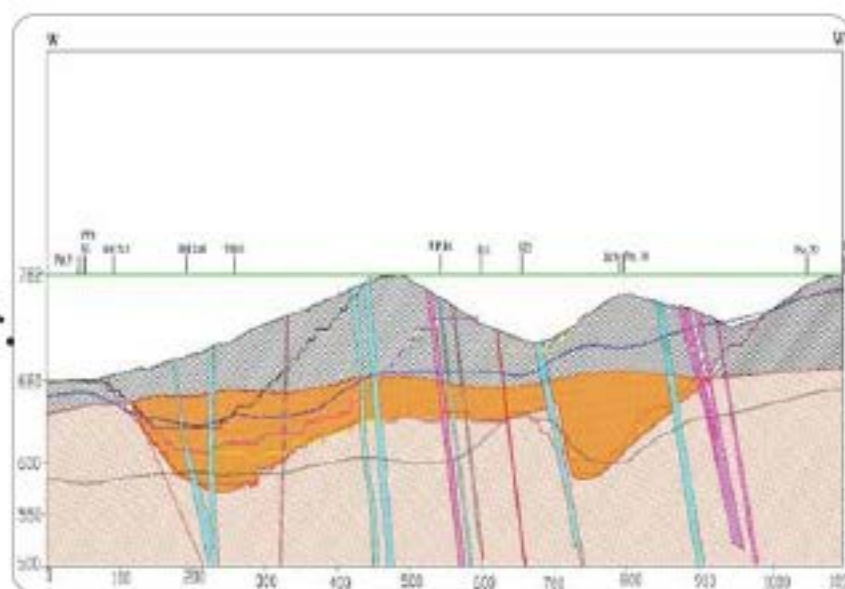


محل پروفیل‌های برداشت داده به  
همراه محل گمانه‌های حفر شده  
در سایت نجف





پروفیل ژئوفیزیک برای بررسی سطح آب زیرزمینی

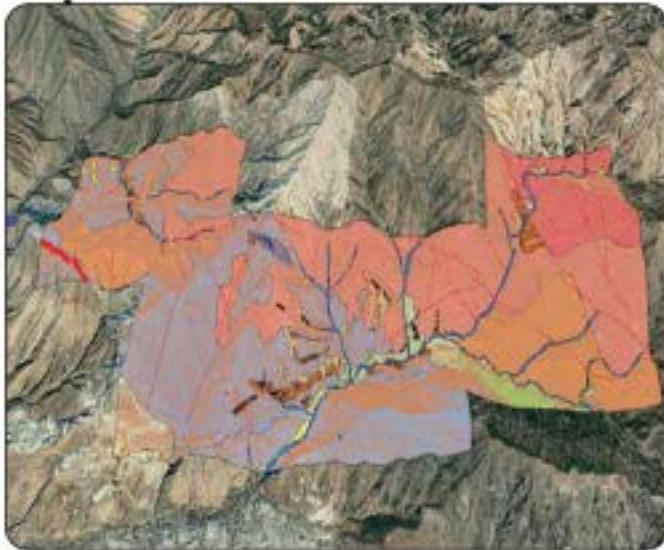


نقشه‌ی سه بعدی سطح سفره پرآساس  
داده های ژئوفیزیک

مقطع مدل سازی هیدروژئولوژیک

## اکتشافات مواد معدنی با اولویت طلا و عناصر پلی متال در میدان خرانگان در ورقه ورزاب کشور تاجیکستان

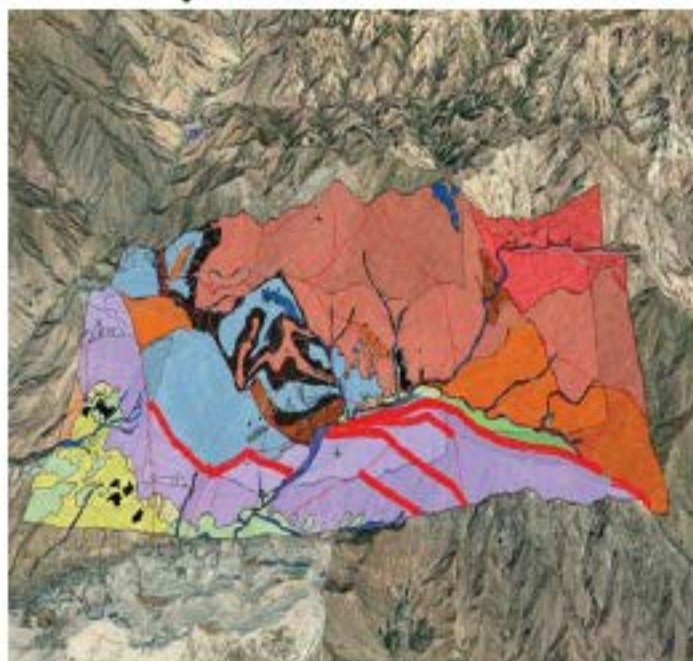
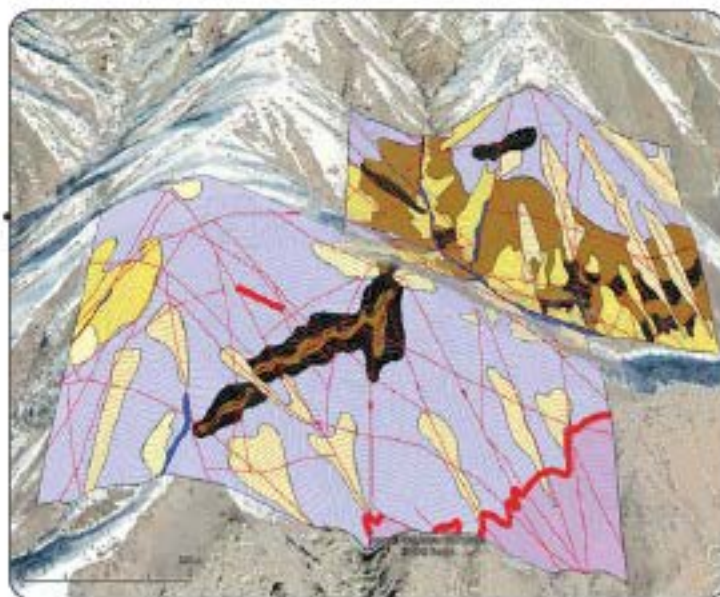
پروژه تاجیکستان یکی از پروژه های برون مرزی این مهندسین مشاور بوده که در قالب بازوی اجرایی و مشاور فنی- مهندسی شرکت افق توسعه معادن خاورمیانه به اجرای فعالیت های اکتشافی پرداخته است. پروژه مذکور بخشی از توافق نامه شرکت های ایرانی و سازمان زمین شناسی تاجیکستان بوده که در کنار مشاورین خارجی دیگری از کشورهای آلمان، آمریکا و استرالیا با این سازمان همکاری داشته است



تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰,۰۰۰ با وسعت ۴۲ کیلومتر مربع

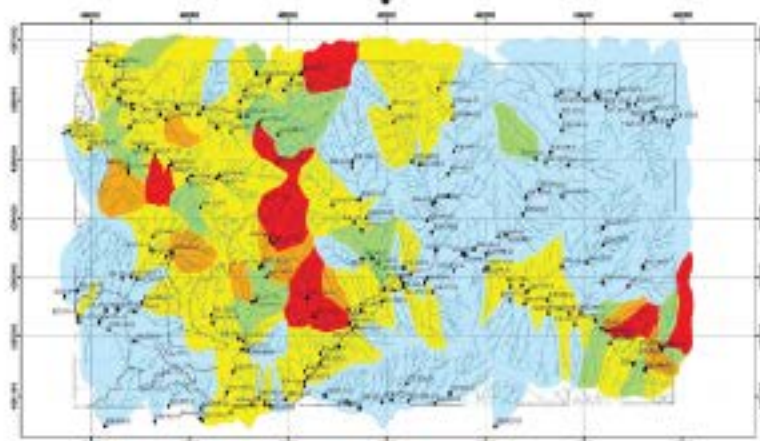


تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰,۰۰۰  
با وسعت ۴/۲ کیلومتر مربع



تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس  
۱:۲۰,۰۰۰ با وسعت ۷۰ کیلومتر مربع

انجام عملیات ژئوشیمیایی از رسوبات آبراهه ای  
و کانی سنگین با مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰



## مطالعات تحلیل پایداری شیب معدن تقوت

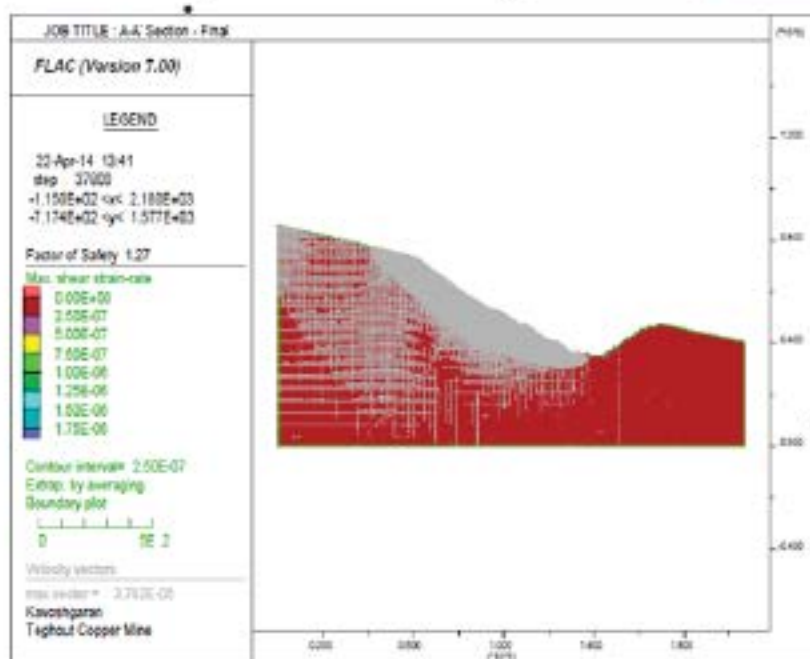
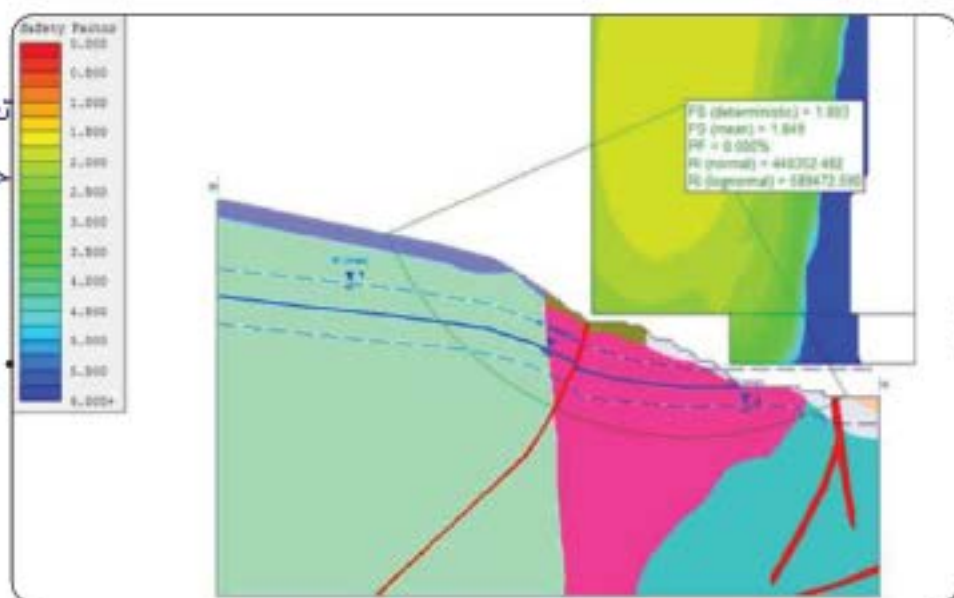
معدن تقوت به عنوان یک معدن نوع مس پورفیبری در شمال جمهوری ارمنستان و در مرز گرجستان واقع می‌باشد. در سال ۱۳۹۶، با هدف کنترل و مدیریت آب نفوذی به معدن، مطالعات تحلیل پایداری شیب و هیدروژئولوژی توسط کارشناسان شرکت مهندسی مشاور کاوشگران در این معدن انجام شد. آزمایشگاه مطالعات هیدروژئولوژی دانشگاه تهران به عنوان شریک کاری شرکت مهندسی مشاور کاوشگران در این پروژه بود. مطالعات انجام گرفته در این منطقه در قالب عملیات صحرایی (ژئوفیزیک، هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی) در محدوده معدن و در قالب مطالعات دفتری انجام گرفت.



نقشه زمین شناسی ساختاری

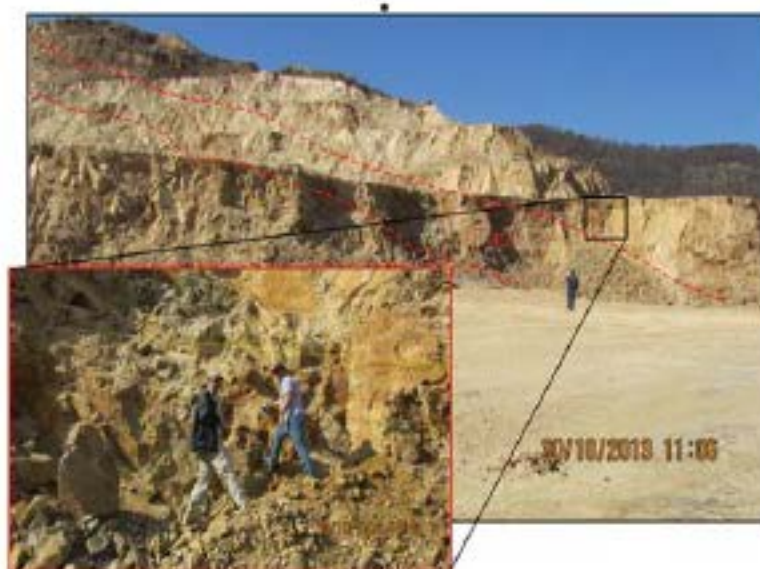


تحلیل پایداری به روش تعادل  
حدی با استفاده از نرم افزار  
اسلاید



تحلیل پایداری به روش عددی تفاضل  
محدود با استفاده از نرم افزار  
Flac

برداشت درزه ها و ناپیوستگی ها به روش  
Scan line



## بخشی از پروژه های در حال اجرا

شناسایی و پی‌جویی ماده معدنی در محدوده‌های دارای پروانه اکتشاف و گواهی کشف و نظارت بر حفاری در محدوده‌های معدنی طلای هیرد و طلای خونیک به منظور شناخت کیفی و کمی کانسار به جهت ارزیابی ذخیره و معرفی برای طراحی معدن از مهمترین خدماتی می‌باشد که شرکت مهندسی مشاور کاوشگران در راستای این پروژه انجام می‌دهد.

**انجام خدمات و عملیات پی‌جویی، شناسایی، اکتشاف عمومی و تفصیلی در سطح استان خراسان جنوبی - ۱۱ محدوده اکتشافی**

شروع پروژه: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶

کارفرما: شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران

پایان پروژه: ۱۴۰۱/۱۲/۲۶



پیشرفت زمانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



کانی سازی مس در محدوده جنوب شرقی قلعه زری



کانی سازی سولفور در گمانه MS - ۲۷

هدف از اجرای این پروژه، شناسایی منطقه پیتانسیل برای انجام مطالعات تفصیلی می‌باشد. انجام عملیات ژئوشیمی آبراهه‌ای، تهیه نقشه زمین‌شناسی، انجام مطالعات لیتوژئوشیمی و در صورت نیاز ژئوفیزیک (برعهده کارفرما با نظارت مشاور)، تعیین نواحی معدنی و ارائه گزارش جهت اخذ گواهی کشف و در نهایت ایجاد پایگاه داده با استاندارد کارفرما از مهمترین فعالیت‌هایی می‌باشد که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انجام داده و خواهد داد.

**مطالعات پی جویی  
در محدوده های  
امید بخش بلوک  
۱ حاصل از پهنه  
فردوس - قائن،  
استان خراسان  
جنوبی**

**شروع پروژه:** ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

**پایان پروژه:** ۱۴۰۰/۰۴/۰۴

**کارفرما:** طرح توانمندی سازی  
اکتشاف ایمیدرو



پیشرفت زمانی



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



رگه سیلیسی حلوی کانی سازی



آثار کانی سازی کربناته مس در  
محدوده تهیه نقشه ۱:۲۵۰۰۰

هدف از اجرای این پروژه، شناسایی منطقه پرتانسیل برای انجام مطالعات تفصیلی می باشد. انجام عملیات ژئوشیمی آبراهه ای، تهیه نقشه زمین شناسی، انجام مطالعات لیتوژئوشیمی و در صورت نیاز ژئوفیزیک (برعهده کارفرما با نظارت مشاور)، تعیین نواحی معدنی و ارائه گزارش جهت اخذ گواهی کشف و در نهایت ایجاد پایگاه داده با استاندارد کارفرما از مهمترین فعالیت‌هایی می باشد که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انجام داده و خواهد داد.

**مطالعات پی جویی  
در بلوک ۲ محدوده  
های امید بخش حاصل  
از پهنه فردوس -  
قائن، استان خراسان  
جنوبی**

**شروع پروژه:** ۱۳۹۷/۰۴/۰۴

**پایان پروژه:** ۱۴۰۰/۰۴/۰۴

**کارفرما:** طرح توانمندی سازی  
اکتشاف ایمیدرو

۷۰.۸٪

پیشرفت زمانی

۸۳٪

کارشناسان فوق لیسانس

۱۷٪

کارشناسان دکتری



آثار حفریات شدادی بر روی سنگ  
میزبان سرب، روی و طلا در محدوده  
چوپان



آثار کانی سازی سرب و روی در واحد شیل  
، ماسه سنگی ژوراسیک (معادل سازند  
شمشک) در محدوده کلاوگی

در راستای این پروژه، شرکت مهندسين مشاور کاوشگران خدمات نظارت کارگاهی بر عملیات بهره برداری از معادن سنگ آهن میشدوان و چاه گز، که متعلق به سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران می باشد، بر عهده دارد.

## انجام خدمات نظارت کارگاهی بر عملیات بهره برداری از معادن سنگ آهن میشدوان و چاه گز

شروع پروژه: ۱۳۹۶/۱۰/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

کارفرما: سازمان توسعه و  
نوسازی معادن و صنایع  
معدنی ایران



پیشرفت زمانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق  
لیسانس



کارشناسان دکتری



شرکت مهندسين مشاور کوششگران، با ارائه خدمات زيـدر معادن اصلي چغارت و سه چاهون و معادن فرعی متعلق به شرکت سنگ آهن مرکزی ایران آن شرکت را یاری می‌کند: ادامه مطالعات پایداری معدن چغارت - ارزیابی ذخیره و تهیه مدل بلوکی معدن چغارت - طراحی تفصیلی و برنامه ریزی بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت - همکاری با گروه دفتر طراحی در تهیه نقشه زمین شناسی ماهانه - اصلاح مدل بلوکی معادن بر اساس نتایج چالهای آتشفشاری جهت برنامه ریزی کوتاه مدت - ادامه نظارت بر حفر گمانه های اکتشافی تکمیلی معدن چغارت - ارائه خدمات مهندسی بر حسب نیاز

## انجام خدمات مهندسی معدن فلات مرکزی

شروع پروژه: ۱۳۸۹/۰۶/۰۴

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

کارفرما: شرکت سنگ آهن  
مرکزی ایران

٪۹۲٫۴

پیشرفت زمانی

٪۶۷

کارشناسان لیسانس

٪۷۲

کارشناسان فوق لیسانس

٪۶۶

کارشناسان دکتری



از مهمترین خدمات مهندسی، نظارت عالییه و کارگاهی که مهندسین مشاور کوششگران در راستای بهره برداری از معدن سنگ آهن آنومالی شمالی ارائه می‌دهد به صورت زیر می‌باشد: تهیه جدول ماهانه باطله برداری و استخراج ماده معدنی، تهیه برنامه زمانبندی عملیات اجرایی باطله برداری و استخراج ماده معدنی، تشکیل جلسات توجیهی برای تعیین ابعاد مختلف پروژه، بررسی برنامه زمانی تفصیلی پیمانکار و تطبیق با برنامه ریزی استخراج در بازه های زمانی ۳ ماهه، پشتیبانی نظارت کارگاهی در جهت راهبری پیمانکاران در حل مسائل فنی و اجرایی، بررسی گزارش کنترل پروژه ماهانه پیمانکار و ارائه گزارش کنترل پروژه نهایی و ...

**خدمات مهندسی،  
نظارت عالییه و  
کارگاهی بهره  
برداری  
معدن سنگ آهن  
آنومالی شمالی و  
میشدوان**

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۰۶/۰۱

کارفرما: شرکت صنایع معدنی  
نوظهور کویر بافق

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱



پیشرفت زمانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق  
لیسانس



کارشناسان دکتری



در راستای این پروژه شرکت مهندسين مشاور کاوشگران در انجام مطالعات مهندسی در مقیاس مقدماتی و تفصیلی شرکت معادن اسفندقه را یاری می‌نماید. علاوه بر این، نظارت و بررسی مسائل مربوط به اکتشاف، استخراج، و فرآوری مواد معدنی (کرومیت، منگنز، منیزیت، ورمیکولیت، و سایر مواد معدنی موجود در منطقه) یکی دیگر از خدمات این شرکت مشاور می‌باشد.

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۷/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۷/۰۱

کارفرما: شرکت معادن اسفندقه

**انجام مطالعات مهندسی،  
اجرایی و نظارت بر  
کارهای اکتشافی، استخراج  
و فرآوری ماده معدنی در  
معادن روباز و زیرزمینی  
برای سنگ های معدنی  
کرومیت**

۱۵۴.۲

پیشرفت زمانی

۲۳

کارشناسان لیسانس

۶۹

کارشناسان فوق  
لیسانس

۸

کارشناسان دکتری



هدف از اجرای این پروژه را می‌توان در قالب موارد زیر بیان کرد:  
 (۱) احداث واحد دیواترینگ به منظور استحصال آب از باطله کنسانتره و بازگشت مجدد آن فرآیند تولید (۲) احداث واحد کاهش رطوبت (درایر) به منظور افزایش کمیت و کیفیت گندله از طریق کاهش کنسانتره ورودی به کارخانه. در راستای نیل به این هدف، نظارت عالی و کارگاهی بر عهده‌ی شرکت مهندسی مشاور کاوشگران می‌باشد.

**نظارت عالی و  
 کارگاهی در رابطه با  
 نیازمندی‌های کارخانه  
 استحصال آب از باطله  
 کنسانتره سنگ آهن  
 شرکت فولاد زرند  
 ایرانیان**

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۹/۰۴

کارفرما: شرکت فولاد زرند ایرانیان

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰



پیشرفت زمانی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



با توجه به گذشت بیش از ۴۰ سال از ساخت مجتمع مس سرچشمه، به منظور افزایش راندمان واحدهای تغلیظ فعال در مجتمع مس سرچشمه، نوسازی واحدهایی قدیمی این واحدها به منظور تامین کنسانتره مس با میزان و عیار مورد نیاز واحد ذوب، ضروری می باشد. از این رو شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، به عنوان مشاور کارفرما، در انجام طراحی پایه، تهیه شرح خدمات، ارزیابی فنی پیمانکاران و سپس انجام خدمات مشاوره در خصوص مدارک طراحی پایه و تفصیلی، مهندسی کارگاهی، نظارت بر تدارکات و تهیه مواد و تجهیزات داخلی و خارجی، و انجام خدمات نظارت کارگاهی در خصوص ساخت، نصب و راه اندازی تجهیزات، آزمایشات عملکردی، آموزش پرسنل کارفرما و تامین قطعات یدکی برای دو سال بهره برداری در خدمت کارفرمای می باشد. در حال حاضر این شرکت در ۵ پروژه فعال و در حدود ۲۰ پروژه تعریف شده جدید در این طرح به عنوان مشاور مشغول به فعالیت می باشد

**انجام خدمات  
فنی و مهندسی،  
مشاوره، نظارت  
عالیه، نظارت  
کارگاهی، بازرسی  
فنی پروژه های  
توسعه و بازسازی  
تغلیظ مجتمع مس  
سرچشمه**

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۰۳/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

کارفرما: شرکت ملی صنایع  
مس ایران



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



با توجه به راه اندازی پروژه تغییر تکنولوژی ذوب از کوره ریورب به کوره Flash در سال ۹۷، اضافه نمودن واحدی جدید و همچنین نوسازی واحدهایی قدیمی این مجتمع به منظور تامین پیش نیازهای واحد ذوب جدید، ضروری می باشد. لذا این شرکت به عنوان مشاور کارفرما، در انجام طراحی پایه، تهیه شرح خدمات، ارزیابی فنی پیمانکاران و سپس انجام خدمات مشاوره در خصوص مدارک طراحی پایه و تفصیلی، مهندسی کارگاهی، نظارت بر تدارکات و تهیه مواد و تجهیزات داخلی و خارجی، و انجام خدمات نظارت کارگاهی در خصوص ساخت، نصب و راه اندازی تجهیزات، آزمایشات عملکردی، آموزش پرسنل کارفرما و تامین قطعات یدکی برای دو سال بهره برداری در خدمت کارفرمای محترم بوده و در حال حاضر در ۲۲ پروژه فعال در طرح توسعه مجتمع مس سرچشمه به عنوان مشاور مشغول به فعالیت می باشد. از پیمانکاران فعال این طرح نیز می توان به شرکت های آذراب، نپیک، پتروتکسان، ایران تابلو، پارس جهد و ... اشاره نمود.

**ارائه خدمات مشاوره، کنترل مهندسی، نظارت عالی و نظارت کارگاهی مربوط به پروژه های طرح توسعه مجتمع مس سرچشمه**

شروع پروژه: ۱۳۹۰/۰۳/۳۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

کارفرما: شرکت ملی صنایع مس ایران



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



هدف از اجرای این پروژه پروژه، احداث فاز دوم کارخانه طلای زرشوران و زیرساخت های مرتبط با آن شامل گازرسانی، انبار ناریه، احداث سد باطله، محوطه سازی و احداث راه، مطالعات ژئوتکنیک و غیره می باشد. به منظور نیل به این هدف، مهندسين مشاور کوشگران خدمات مشاوره و نظارت کارگاهی را ارائه می دهد.

**خدمات مشاوره و نظارت بر عملیات احداث فاز دوم کارخانه استحصال طلای زرشوران و پروژه های زیر ساخت مرتبط**

شروع پروژه: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

کارفرما: شرکت گسترش معادن و صنایع معدنی طلای زرشوران



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



## نظارت بر اکتشاف و استخراج معادن مس نارباغی

مجموعه معادن و کارخانه زاگرس مس سازان در استان مرکزی، ۲۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان ساوه و در نزدیکی شهر صنعتی کاوه واقع شده است. معادن مس نارباغی شامل معدن شمالی با وسعت تقریبی ۱۰ کیلومترمربع، معدن مرکزی با وسعت تقریبی یک کیلومترمربع و معدن شرقی با وسعت تقریبی ۲۰ کیلومترمربع به عنوان ذخیره‌ای برای تلمیت خوراک کارخانه می‌باشد. در این کارخانه استحصال مس به روش هیپ لیچینگ - استخراج حلالی - الکترووینینگ انجام می‌شود. در این راستا، نظارت بر عملیات اکتشافی و استخراجی بر عهده‌ی مهندسين مشاور کوشگران می‌باشد.

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۱۱/۰۱

کارفرما: شرکت زاگرس مس سازان

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۱/۰۱



پیشرفت زمانی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



پروژه کنسانتره ۵ میلیون تنی شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان با سرمایه گذاری شرکت فولاد مبارکه از تاریخ ۲۸/۱۱/۹۲ پس از عقد قرارداد با مشارکت MMGN با هدف تولید ۵ میلیون تن کنسانتره با عیار ۶۸ درصد آغاز شده و در حال حاضر با پیشرفت فیزیکی ۹۵٫۷۸ درصد در مرحله تولید آزمایشی و آماده شدن برای تست تضمین عملکرد می باشد. مشاور و دستگاه نظارت کارفرما در ابتدای پروژه شرکت کاتی کاوان شرق بوده و در شهریور ماه ۹۵ با پیشرفت فیزیکی حدود ۳۴ درصد به شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انتقال داده شد. بخش های سنگ شکن، خط انتقال محصول خردایش، محل دپوی سنگ معدن خردایش یافته، پرعیارسازی، آبیگری کنسانتره و باطله و محل دپوی کنسانتره آبیگری شده از مهم ترین واحدهای این کارخانه می باشد. شایان ذکر است کنسانتره آبیگری شده به عنوان محصول نهایی به کارخانه گندله سازی انتقال داده می شود.

**ارائه خدمات مشاوره ای، نظارت عالی و کارگاهی و ستادی، کنترل پروژه و بازرسی کارخانه کنسانتره به ظرفیت ۵ میلیون تن سنگان**

شروع پروژه: ۱۳۹۵/۰۷/۰۱

کارفرما: شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان

پایان پروژه: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



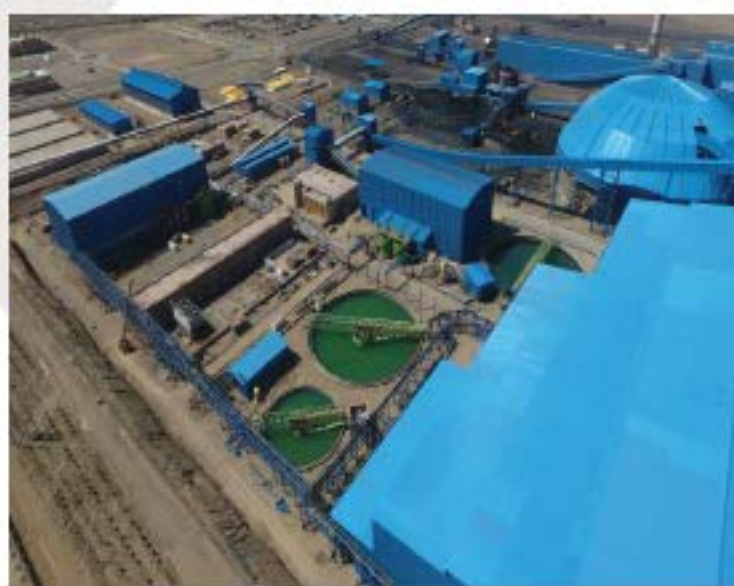
کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



هدف اصلی از اجرای پروژه حاضر، احداث دو کارخانه‌ی تولید کنسانتره و گندله با ظرفیت ۵ میلیون تن در سال می‌باشد. در این راستا، شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان خراسان تأمین زیرساخت‌های لازم: احداث ساختمان و تاسیسات مورد نیاز، در محدوده مورد پروژه در دستور کار خود قرار داده است.

**ارائه خدمات مهندسی،  
نیازسنجی، طراحی، تهیه  
اسناد مناقصه، کنترل پروژه  
نظارت عالی و نظارت  
کارگاهی بر پروژه‌های  
زیرساخت در مجتمع  
کنسانتره و گندله سازی  
سنگان**

شروع پروژه: ۱۳۹۷/۰۷/۰۱

کارفرما: شرکت صنایع معدنی  
فولاد سنگان

پایان پروژه: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



# عضویت، صلاحیت و پاره ای از تشویق نامه



تشمین همایش ایمنی، بهداشت  
و محیط زیست در معادن و صنایع  
معدنی



حضور در اولین کنگره جهانی مس

شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک  
ایران

**کمیته صلاحیت خدمات مشاوره**

معاونت امور معدنی  
شماره ثبت: ۱۳۳۲

این کمیته صلاحیت خدمات مشاوره را در زمینه‌های زیر اعطا می‌کند:

- ۱- تخصص زمین شناسی پایه ۱
- ۲- تخصص پی جویی و اکتشاف معدن پایه ۱
- ۳- تخصص کانه آرایی و فراآوری مواد پایه ۱
- ۴- تخصص آماده سازی و بهره برداری معدن پایه ۱
- ۵- تخصص ژئوتکنیک پایه ۲
- ۶- تخصص صنایع کانی های غیرفلزی پایه ۳
- ۷- تخصص تاسیسات برق و مکانیک پایه ۳
- ۸- تخصص صنایع فلزات اساسی (نورد، ذوب و ریخته گری) و ماشین پایه ۳

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸  
پست الکترونیک: info@agro.ir

**کمیته صلاحیت امین مشاوران**

معاونت امور معدنی  
شماره ثبت: ۱۳۳۲

این کمیته صلاحیت خدمات مشاوره را در زمینه‌های زیر اعطا می‌کند:

- ۱- تخصص زمین شناسی پایه ۱
- ۲- تخصص پی جویی و اکتشاف معدن پایه ۱
- ۳- تخصص کانه آرایی و فراآوری مواد پایه ۱
- ۴- تخصص آماده سازی و بهره برداری معدن پایه ۱
- ۵- تخصص ژئوتکنیک پایه ۲
- ۶- تخصص صنایع کانی های غیرفلزی پایه ۳
- ۷- تخصص تاسیسات برق و مکانیک پایه ۳
- ۸- تخصص صنایع فلزات اساسی (نورد، ذوب و ریخته گری) و ماشین پایه ۳

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸  
پست الکترونیک: info@agro.ir

گواهینامه صلاحیت خدمات مشاوره

تخصص زمین شناسی پایه ۱

تخصص پی جویی و اکتشاف معدن پایه ۱

تخصص کانه آرایی و فراآوری مواد پایه ۱

تخصص آماده سازی و بهره برداری معدن پایه ۱

تخصص ژئوتکنیک پایه ۲

تخصص صنایع کانی های غیرفلزی پایه ۳

تخصص تاسیسات برق و مکانیک پایه ۳

تخصص صنایع فلزات اساسی (نورد، ذوب و ریخته گری) و ماشین پایه ۳

ISO



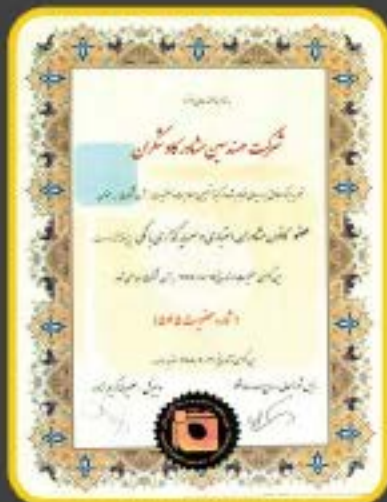
تهیه نقشه زمین شناسی که  
به عنوان نقشه زمین شناسی  
مهندسی برتر معرفی شد



تقدیر شرکت مس جهت تهیه  
گزارش فنی - اقتصادی در پروژه  
مس تفت



ارتقا دانش فنی صنعت آب کشور



- \* عضو انجمن ژئوتکنیک ایران
- \* عضو جامعه مهندسان مشاور کشور
- \* عضو نظام مهندسی معدن
- \* عضو کانون مشاوران اعتباری و سرمایه گذاری بانکی
- \* عضو کانون مهندسين فارغ التحصيل دانشکده فنی تهران
- \* عضو انجمن صنفی کارفرمایی
- \* عضو خله معدن
- \* عضو انجمن تودل ایران
- \* عضو انجمن سرمایه‌یک

## ضرورت مدیریت مصرف آب در صنایع معدنی

فرید رافعی

دکتری فراوری مواد معدنی



به عنوان یکی از عناصر چهارگانه بنیادین، آب مایه حیات و ضامن بقای جانداران ساکن سیاره ماست. علاوه بر مقدار آب مصرفی مستقیم برای آشامیدن، نظافت و ... تقریباً تمام صنایع و تولید هرگونه محصولی نیازمند آب است. با این تفسیر، اهمیت آب در کشور ما که بخش اعظم آن بیابانی و دچار کم‌آبی است، دوچندان و بسا بیشتر احساس می‌شود. یکی از صنایعی که مصرف آب در آن ضروری و دارای مقادیر زیاد است، صنایع بالادست فراوری مواد معدنی و از جمله تولید کنسالت‌های مواد معدنی است. به طوری که به ازای تولید هر واحد محصول این صنایع، بیش از یک واحد آب مصرف می‌شود. اهمیت این مسئله زمانی بیشتر قابل درک خواهد بود که توجه گردد عمده‌ی اندیس‌های معدنی در حال بهره‌برداری و کارخانه‌های فراوری که طبعاً در مجاورت آنها هستند، در مناطق کویری و کم‌آب‌تر کشور متمرکز شده‌اند. بنابراین، لزوم مدیریت مصرف آب و بازیافت حداکثری آن و استفاده مجدد در چرخه تولید، ضروری و حیاتی می‌نماید. کارخانه‌های کنسالت‌های که در دهه‌های اخیر احداث و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، اساساً برای تولید محصولی قابل فروش به اقتضای نیاز صنایع پایین دست خود، اقدام به احداث واحدهای آبیگری محصول نموده‌اند و باطله‌های تولیدی خود را پس از آبیگری اولیه، در سدهای باطله تر انباشت نموده‌اند. در چند سال اخیر، با بحرانی‌تر شدن مسئله کم‌آبی در کشور و الزامات محیط زیستی برای مدیریت مصرف آب و بازیافت آن تا بیشترین حد ممکن، سرمایه‌گذاری کارخانه‌های تولید کنسالت‌ها به طور محسوسی در زمینه انجام مطالعات و احداث واحدهای آبیگری از باطله افزایش یافته است. به عنوان مثالی عینی در این زمینه، کارخانه کنسالت‌ها صنایع معدنی فولاد سنگان که در دهه ۱۳۹۰ با سرمایه‌گذاری شرکت فولاد مبارکه در منطقه صنعتی و معدنی سنگان خراسان رضوی احداث و ۵ میلیون تن به ظرفیت تولید کنسالت‌ها سنگ آهن کشور اضافه کرده است، و شرکت مهندسی مشاور کاوشگران به عنوان مشاور پروژه در مراحل طراحی، ساخت و بهره‌برداری آن حضور داشته است، برای آبیگری از کنسالت‌ها و باطله تولیدی خود، از نسل جدید و پیشرفته فیلترپرس که در

بین سایر تجهیزات آبیگری نظیر فیلترهای نواری، دیسکی و غیره، از ابتدا و همچنان دارای اقبال بیشتری در میان سرمایه‌گذاران در جهان بوده و هستند، استفاده نموده است. فیلترپرس‌های نصب شده در این کارخانه بزرگ برای آبیگری از محصول (کنسالت‌ها) تولیدی، ساخت شرکت OUTOTEC می‌باشند که از پیشگامان ساخت تجهیزات پیشرفته صنایع معدنی و



از جمله تجهیزاتی نظیر تیکنر و فیلترپرس است. کنسانتره تولیدی این مجموعه، پس از آگیری اولیه توسط تیکنر، که آن هم ساخت شرکت OUTOTEC است، توسط فیلترپرس‌های اشاره شده که ظرفیت آگیری حدود ۴۰ تن کنسانتره در هر سیکل ۹ دقیقه‌ای را دارند، به محصولی با رطوبت ایده‌آل ۸.۵ درصد تبدیل می‌گردد. همان طور که اشاره شد، کارخانه کنسانتره ۵ میلیون تنی فولاد سنگان از معدود پروژه‌هایی بود که از ابتدای طراحی، لزوم آگیری از باطله و سیستم انباشت باطله خشک (Dry Stacking) را در دستور کار خود قرار داد و از این منظر، یکی از واحدهای پیشگام و پیشرفته کشور از لحاظ مدیریت منابع آب، مسائل محیط زیستی و صنایع سبز است. در همین راستا و برای بهینه سازی در فرایند و سرمایه‌گذاری سیستم آگیری از باطله، رطوبت حدود نیمی از باطله کارخانه که در مراحل اولیه پرعیارسازی تولید می‌شود و دارای ابعاد و دانسیته بالاست، پس از آگیری اولیه توسط تیکنر، با مجموعه‌ای از سرند و سیکلون‌های مخصوص آگیری تا ۱۷ درصد کاهش یافته و به انباشتگاه باطله خشک منتقل می‌گردد. نیم دیگر باطله تولیدی کارخانه که دارای ابعاد ریز است، پس از آگیری اولیه توسط تیکنر دیگری که آن هم ساخت شرکت OUTOTEC است، برای کاهش رطوبت و تولید باطله‌ای قابل انتقال توسط نوار نقاله و انباشت خشک، به فیلترپرس‌های عظیم و پیشرفته OUTOTEC شارژ می‌گردد تا در هر سیکل ۹.۵ دقیقه‌ای، ۲۵ الی ۴۰ تن کیک با رطوبت ۱۹ درصد تولید گردد. به این ترتیب، باطله نهایی تولید شده در کارخانه با ظرفیت بیش از ۵ میلیون تن در سال و رطوبت حدود ۱۸ درصد، به انباشتگاه باطله خشک انتقال داده می‌شود. آب بازیافتی از مجموعه تیکنرها، فیلترپرس‌ها و سرند و سیکلون‌ها، به مخازن آب برگشتی پمپ می‌گردد تا مجدداً در چرخه تولید مورد استفاده قرار گیرد. آب غیر قابل بازیافت شامل رطوبت همراه کنسانتره و باطله، آب تبخیر شده و هدر رفته به طرق مختلف که با توجه به تکنولوژی‌های استفاده شده در این کارخانه حداقل ممکن می‌باشد، و نیز آب مصرفی برای نظافت صنعتی، آب آشامیدنی، آب بهداشتی و کل مصارف دیگر، با افزودن آب جبرانی که کمتر از ۰.۵ واحد به ازای تولید هر واحد محصول می‌باشد، تأمین می‌گردد که در مقایسه با صنایع مشابه در حال بهره‌برداری دیگر، مقدار بسیار کمتری می‌باشد. البته همانطور که اشاره شد، در سال‌های اخیر عزمی بسیار جدی از طرف واحدهای مذکور برای سرمایه‌گذاری در زمینه بازیابی و مدیریت مصرف آب به وجود آمده که امید است با به ثمر نشستن این تلاش‌ها، گامی به سوی بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب در این صنعت برداشته شود.



## نقش تیگرهای خمیری در کاهش مصرف آب کارخانه های فرآوری مواد معدنی

محمد مهدی رویایی

دکتری فرآوری مواد معدنی



مقدار قابل توجهی از آب هدر رفته و این امر هزینه های عملیاتی بالایی را تحمیل خواهد نمود. ضمن آن که با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور، بخش عمده ای از معادن و کارخانه های تغلیظ در مناطق کویری و یا حاشیه کویر که دارای اقلیم کم بارش می باشند واقع شده اند و تأمین آب تازه برای این کارخانه ها و مجتمع های وابسته یکی از مشکلات اساسی در صنایع معدنی می باشد. نکته دیگر آن که رهاسازی باطله با هر مقدار رطوبت کمتر می تواند سبب کاهش تأثیرات زیست محیطی ناشی از انباشت باطله گردد. با توجه به این موارد استفاده از تیگرهای خمیری (Paste Thickeners) با توجه به عملکرد مناسب و قابلیت افزایش درصد جامد باطله بالاتر در قیاس با تیگرهای مرسوم، می تواند گامی ثمربخش در راستای موارد فوق الذکر باشد.

با توجه به این که غالب روش هایی که در تغلیظ مواد معدنی مورد استفاده قرار می گیرند، به صورت تر عمل می کنند، صنایع معدنی مقادیر فراوانی از آب را برای فرایندهای تولید مصرف می کنند. از این رو کنسانتره مواد معدنی و باطله تولید شده حین فرایند، حاوی مقادیر زیادی از آب خواهند بود. آگیری از کنسانتره با توجه به نیازهایی نظیر سهولت حمل و مشخصات مورد نیاز فرایندهای پایین دستی انجام می گردد. در این بین جلوگیری از هدر رفت ماده معدنی با ارزش همراه با آب نیز از دیگر هدف های آگیری خواهد بود. با توجه به این که باطله های تولید شده در کارخانجات فرآوری مواد معدنی عموماً دارای نسبت وزنی بسیار بالاتری نسبت به کنسانتره هستند و می بایست در محل هایی مناسب انباشته گردند، در صورتی که آب همراه با آن جدا نگردد مشکلات مهمی را در پی خواهد داشت. نخست این که



مجموعه تاسیسات بازیافت آب مجتمع مس سرچشمه



تفاوت اصلی تیکنرهای خمیری با تیکنرهای متداول در میزان غلظت پالپ خروجی از این تیکنرها است. تیکنرهای خمیری در راستا اهمیت بالای تولید باطله خمیری با درصد آب کمتر از پالپ و دانسیته و ویسکوزیته بالاتر از آن در مدارهای لیگیری صنعت فرآوری مواد معدنی ساخته شدند. از جمله مزایای آنها می توان به افزایش میزان بازیافت آب، کاهش مصرف آب تازه، بازیافت حجم بیشتری از فلوکولانت و سایر مواد شیمیایی همراه با آب برگشتی، کاهش حجم باطله ورودی به سد (افزایش ظرفیت سد باطله و کاهش هدر رفت آب از راه تبخیر)، کاهش هزینه های آماده سازی سد باطله (امکان افزایش شیب نشست مواد باطله در سد باطله) و کاهش صدمات وارده به محیط زیست و کاهش تولید زهاب اسیدی در باطله های سولفوری اشاره کرد. تیکنرهای خمیری بویژه در مناطقی با محدودیت منابع آب نقش به سزایی را ایفا می کنند. نمونه ای از کاربردهای تیکنرهای خمیری در صنایع معدنی:

- ۱- مجتمع مس سرچشمه، ایران، عمل آوری ۹۶ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۰ تا ۶۲ درصد
- ۲- مجتمع مس Wu Shan، چین، عمل آوری ۳۵ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۵ درصد
- ۳- مجتمع مس Toromocho، پرو، عمل آوری ۱۲۴ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۷۰ درصد
- ۴- مجتمع مس Esperanza، شیلی، درصد جامد تولیدی برابر ۶۸ درصد
- ۵- مجتمع مس Coemin، شیلی، عمل آوری ۷۷ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۸ درصد
- ۶- مجتمع مس Cobriza، شیلی، عمل آوری ۲ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۷۷ درصد
- ۷- مجتمع مس Caserones، شیلی، عمل آوری ۵۰ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۲ درصد



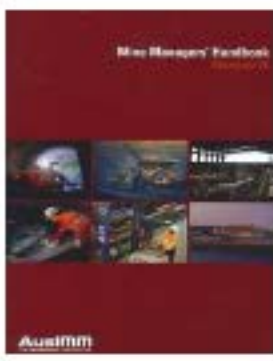
احسان آزاد

کارشناس ارشد مکاتیک سنگ



با توجه به پیشرفت روزافزون فن آوری و نیاز به پروژرسیائی دانش فنی متخصصین، کتاب‌های چاپ شده، مقالات در زمینه معدن کاری و مهندسی معدن همواره از مهم‌ترین مراجع معلمان و قابل دسترس مهندسیین می‌باشند که از این میان به انتخاب انجمن بین المللی مهندسی معدن SME، چهار نمونه از کتاب‌های منتخبی که در نمایشگاه سال ۲۰۲۰ مورد توجه قرار گرفته است در ادامه به همراه شرح مختصری از آنها آورده شده است.

### Mine Managers' Handbook

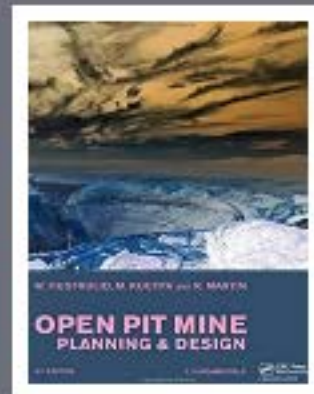


راهنمای مدیران معدن، کتابی جامع است که تمام جنبه‌های مهم مدیریت یک شرکت معدنی را شرح می‌دهد. در این کتاب موضوعات مختلفی از جمله استراتژی شرکت، رهبری، مدیریت عملیات و بازارهای جهانی مواد معدنی را بیان می‌کند. با توجه به نگارش متن توسط متخصصان صنعت، شرکت‌های مشاوره‌ای و دانشگاهی، می‌تواند برای مدیران اجرایی، مدیران عامل شرکت‌های معدنی، دانشجویان و همه کسانی که مایل به درک این صنعت هستند، کتابی درخور توجه باشد. گرچه در وهله اول برای کشور استرالیا نوشته شده، اما به طور کلی مطالب آن قابل استفاده برای تمامی صنایع معدنی در سطح بین‌الملل نیز می‌باشد. مهم‌ترین عناوین آن شامل مروری بر مدیریت معدن، بهداشت و ایمنی شغلی، مدیریت محیط‌زیست، روابط سهام‌داران، منابع انسانی، سرمایه‌گذاری و توسعه پروژه، مدیریت عملیات، امور مالی و اداری، مواد معدنی و بازاریابی، و برنامه‌ریزی استراتژیک همچنین راهنمایی برای ارزیابی فنی اقتصادی پروژه‌های صنایع معدنی در آن گنجانده شده است.

### Open Pit Mine Planning & Design

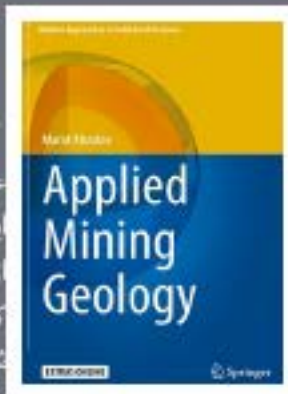


کتاب برنامه‌ریزی و طراحی معدن روباز، کامل‌ترین و معتبرترین گزارش استخراج معادن روباز در عصر جدید است. جلد اول آن مفاهیم اساسی مربوط به برنامه‌ریزی و طراحی معادن روباز را مورد بحث قرار می‌دهد. عناوینی شامل برنامه‌ریزی معدن، درآمد و هزینه‌های استخراج معدن، تشریح سنگ معدن، ملاحظات هندسی، محدودیات کاواک، برنامه‌ریزی تولید، منابع معدنی و ذخایر کانسنگ، مسئولیت در معدن کاری، آتشیاری و انفجار، حفاری دورانی، بارگیری مواد معدنی، یاریزی کامیون‌ها و قابلیت دسترسی و کاربری ماشین‌آلات. جلد ۲ شامل CSMine و MicroModel، و بسته نرم افزاری کاربرد پسند برنامه‌ریزی معدن که به طور خاص برای نشان دادن کاربرد عملی اصول درگیر تهیه شده است. این جلد همچنین شامل آموزش‌ها و کتابچه‌های راهنمای کاربرد برای این نرم افزار و هشت نمونه مطالعه موردی شامل مجموعه داده‌های گمانه‌های حفاری برای ارزیابی کامل معدن روباز است.



## جدیدترین کتاب های معدنی

### Applied Mining Geology



کتاب زمین‌شناسی کاربردی معدن، مروری دقیق بر اصول عملیاتی زمینشناسی در معدن‌کاری مدرن را ارائه می‌دهد. این کتاب شامل شرح جامعی از فنون زمین‌شناسی معدن، از جمله روش‌های مرسوم و رویکردهای جدید است. این کتاب خلاصه‌ای جامع از روش‌های زمین‌شناسی معدن شامل جمع‌آوری داده، تضمین کیفیت تا استفاده از آن‌ها در مدل‌های منابع لختیره و اجرای برنامه‌های تولید معدن

را ارائه می‌دهد، که می‌تواند به عنوان راهنمای متخصصان صنعت معدن استفاده شود. مطالب متنوعی از تئوری‌ها و موارد عملیاتی را تحت پوشش قرار داده و مخاطبان وسیعی را از جمله زمین‌شناسان باتجربه، متخصصان، دانشجویان، اساتدان و محققان را هدف قرار داده است. کاربرد روش‌های مختلف زمین‌شناسی در مهندسی معدن به کمک مطالعات موردی توضیح داده شده است و همچنین گدهای کامپیوتری در موارد مختلف به کتاب افزوده شده است. این کتاب توسط نشریه معتبر Choice به عنوان اثر علمی برجسته در سال ۲۰۱۷ انتخاب شده است. کتاب زمین‌شناسی کاربردی معدن، مروری دقیق بر اصول عملیاتی زمینشناسی در معدن‌کاری مدرن را ارائه می‌دهد. این کتاب شامل شرح جامعی از فنون زمین‌شناسی معدن، از جمله روش‌های مرسوم و رویکردهای جدید است. این کتاب خلاصه‌ای جامع از روش‌های زمین‌شناسی معدن شامل جمع‌آوری داده، تضمین کیفیت تا استفاده از آن‌ها در مدل‌های منابع لختیره و اجرای برنامه‌های تولید معدن را ارائه می‌دهد، که می‌تواند به عنوان راهنمای متخصصان صنعت معدن استفاده شود. این کتاب توسط نشریه معتبر Choice به عنوان اثر علمی برجسته در سال ۲۰۱۷ انتخاب شده است.

### SME Mining Engineering Handbook



سومین ویرایش کتاب راهنمای مهندسی معدن SME که در سطح بین‌المللی اعتبار قابل توجهی دارد و بعنوان «کتاب راهنمای انتخاب روش‌ها» برای مهندسين معدن در کلیه امور اجرایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع این مجموعه عصاره‌ای از وجوه مختلف معدن‌کاری و علوم مرتبط با مهندسی معدن بوده که در الهام بخشیدن و آگاه‌سازی نسل جدید متخصصان معدنی می‌تواند کمک شایانی باشد. بیش از ۲۵۰ متخصص شناخته شده از کشورهای مختلف در گردآوری این ویرایش همکاری داشته‌اند. این کتاب در ۱۱۵ فصل به طور مبسوط به تمامی چالش‌های معدن‌کاری پرداخته است که از مهم‌ترین عناوین آن به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: اقتصاد بازار، اکتشاف، ارزیابی ذخایر، مدیریت و نظارت، انتخاب روش، خردایش سنگ، مکلیک زمین، زیرساخت‌ها و خدمات، استخراج سطحی، استخراج هیدرولیکی و خطوط انتقال، توسعه فضاهای زیرزمینی، فرآیند استخراج، فرآوری مواد معدنی، بهداشت و ایمنی و همچنین مسائل زیست محیطی، اجتماعی و چالش‌های آن.



بابک شبیانی  
کارشناسی عمران

## بومی سازی دانش در سیرجان

مدت ها از حضور شرکت مهندسين مشاور کاوشگران در محدوده معادن گل گهر و مشارکت فنی و نظارتی در پروژه های این منطقه می گذرد؛ این مشاور با تکیه بر توانایی فنی، تجربیات ژرف و نگاه دانش محور، در طول سال های فعالیت خود با جلب اطمینان خاطر و رضایت مندی کارفرمایان خویش در بخش های مختلف مهندسی و نظارتی، خدمات مستمری را به شرکت های بزرگ و خوشنام کشور، از معادن تا واحدهای فرآوری و پایین دستی ارائه نموده است. در این میان و در مرور تجربیات فراوان کاری، کاوشگران با افتخار در دو پروژه متفاوت منطقه گل گهر نقش آفرین بوده است که وجه تمایز آن ها، تکیه بر دانش بومی و یدک کشیدن عنوان نخستین تجربه در ایران عزیز ما است. حسن اعتماد شرکت محترم فولاد سیرجان ایرانیان به شرکت های داخلی و توان فنی و اجرایی مهندسين و کارگران شریف وطن، در شکل گیری و پیشبرد طعم شیرین بومی سازی، غیر قابل کتمان است. پروژه نخست، اجرای یک خط کامل خریدایش مجدد کنسانتره با هدف افزایش عدد بلین جهت بهبود کیفیت و افزایش راندمان کارخانه گندله سازی است که شرکت مهندسين مشاور کاوشگران به عنوان مشاور و بازوی نظارتی و مهندسی در کنار کارفرما و پیمانکاران داخلی حضور داشته است. در این پروژه با اجرای حدود یک کیلومتر خط انتقال مواد با ظرفیت دو و نیم میلیون تن در سال، به صورت توأمان از دو فرآیند کاهش رطوبت (به وسیله خشک کن) و ترمه کنی (به وسیله آسیاب غلطکی) استفاده گردیده است و با اجرای موفق آن، ضمن تحقق هدف گذاری افزایش ۷۰۰ واحدی سطح ویژه کنسانتره، مویجات افزایش چشم گیر کیفیت گندله تولیدی، کاهش استفاده از مواد افزودنی، بهبود بازدهی واحد و افزایش میزان تولید محصول فراهم گردیده است. کارخانه مذکور، در طول سه سال و با تکیه بر دانش فنی داخلی و استفاده حداکثری از توان سازندگان ایرانی، برای نخستین بار در کشور به اجرا درآمده است و موفقیت آن، موجب تقاضای سایر تولیدکنندگان فرآورده های فولادی جهت اجرای طرح های مشابه در کشور گردیده است. تجربه دوم نیز که به مثابه پروژه پیش گفته، برای نخستین بار توسط مهندسان ایرانی و بدون هیچ گونه طرح پایه و تفصیلی تکنولوژیست های خارجی، توسط این مجموعه به انجام رسیده است، طراحی و اجرای خطوط انتقال اسلاری به سدهای باطله و بازگشت آب بازیافتی، در محدوده منطقه گل گهر می باشد. در این پروژه که با اعتماد به مهندسان جوان و جسور ایرانی به انجام رسیده است، یک مجموعه کامل خطوط پمپاژ دوغاب باطله کارخانه کنسانتره سنگ آهن، به طول بیش از ۱۱ کیلومتر و اختلاف ارتفاع ۳۰ متر، همراه با ایستگاه های پمپاژ، زیرساخت های تامین انرژی، خطوط انتقال اسلاری و آب و... در کردوری با محدودیت ها، عوارض و معارضات پر تعداد طراحی و مدل سازی گردیده است. این مهندسين مشاور افتخار دارد تا به عنوان نخستین تجربه تماما ایرانی، کلیه خدمات مهندسی پایه، تفصیلی، خرید و پشتیبانی فنی این پروژه خاص را به انجام برساند و در سال جاری شاهد راه اندازی موفقیت آمیز آن باشد. گرچه شرکت کاوشگران در طول سی و هفت سال حیات یالنده خود، پروژه های متعدد و بزرگ صنعتی و معدنی را با گستردگی فراخ در سرتاسر مام میهن به انجام رسانیده که بی تردید بخش قابل توجهی از آن ها به لحاظ حجم کاری، بسیار بزرگ تر و پر دامنه تر از دو پروژه موصوف است؛ لیکن آن چه این دو تجربه را برجسته کرده و آن ها را بر صفحات این مجلد کشانده است، تجربه شیرین خواستن، خودیابوری و اعتماد به توانمندی های جوانان یالنده این مرز و بوم است.

## تلفیق نشانگرهای ژئوفیزیکی

اندیشه علیمرادی

دکتری ژئوفیزیک اکتشافی



Journal of Mining and Environment (JME)

journal homepage: [www.jme.shahroodut.ac.ir](http://www.jme.shahroodut.ac.ir)

Vol. 11, No. 3, 2020, 865-879.  
DOI: 10.22044/jme.2020.9999.1923

## Integrating Geophysical Attributes with New Cuckoo Search Machine-Learning Algorithm to Estimate Silver Grade Values—Case Study: Zarshouran Gold Mine

A. Alimoradi<sup>1\*</sup>, B. Maleki<sup>2</sup>, A. Karimi<sup>1</sup>, M. Sahafzadeh<sup>3</sup> and S. Abbasi<sup>3</sup><sup>1</sup>- Department of Mining Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran<sup>2</sup>- Mining plus company, Vancouver, Canada<sup>3</sup>- Zarshouran gold mines and mineral industries development company, Telesh, Iran

Received 1 August 2020; received in revised form 25 August 2020; accepted 26 August 2020

**Keywords**

IP/RS attributes

Cuckoo search

Machine-learning

Zarshouran deposit

Numerical methods

**Abstract**

The exploration methods are divided into the direct and indirect categories. Among these, the indirect geophysical methods are more time- and cost-effective compared with the direct methods. The target of the geophysical investigations is to obtain an accurate image from the underground features. The Induced polarization (IP) is one of the common methods used for metal sulfide ore detection. Since metal ores are scattered in the host rock in the Zarshouran mine area, IP is considered as a major exploration method. Parallel to IP, the resistivity data gathering and processing are done to get a more accurate interpretation. In this work, we try to integrate the IP/RS geophysical attributes with borehole grade analyses and geological information using the cuckoo search machine-learning algorithms in order to estimate the silver grade values. The results obtained show that it is possible to estimate the grade values from the geophysical data accurately, especially in the areas without drilling data. This reduces the costs and time of the exploration and ore reserves estimation. Comparing the results of the intelligent inversion with the numerical methods, as the major tools to invert the geophysical data to the ore model, demonstrate a superior correlation between the results.

**1. Introduction**

The geophysical methods are widely used in underground deposit explorations. These methods provide time- and cost-effective valuable information from the underground layers without drilling (Selley et al., 2005). Among the different geophysical methods, the induced polarization and resistivity methods are the best for exploration of the Carlin sulfide gold deposits (Yuval, 1993; Hasani Pak & Shoja-at, 2000). Douglas has used the induced polarization and resistivity data to identify the depth of the mineralization (Douglas et al., 1999).

On the other hand, the non-linearity and noise reduction are the most significant characteristics of the artificial neural networks (ANNs). One of the usages of these networks, especially when they are supervised (as machine-learning tools), is ore grade

estimation in geology and mining engineering. In order to do this, ANN is trained to find the pattern between the input (coordinate and geophysical attributes) and the output (grade) data. Different parameters influence the grade distribution, some of which are not considered in the mathematical models. Almost in all the grade estimation methods, the most considerable item is the distance to the known grade; hence, many other factors such as geology, rock mechanics, and ore shape and type should be considered. These parameters can be regarded as the geophysical, geochemical, and other data formats. Knowing the best places for exploration boreholes, which can be concluded from an accurate grade model, leads us to reduce the costs of drilling and predict the shape and the status of the ore body. In order to find this model,

\*Corresponding author: [alimoradi@eng.knu.ac.ir](mailto:alimoradi@eng.knu.ac.ir) (A. Alimoradi).

it is necessary to integrate the different above-mentioned data formats. Without integrating and processing the data, it is impossible to find the optimum places for drilling (Porwal, 2006). The machine-learning algorithms are powerful tools to integrate different data and extract the pattern between the input and output values (Bishop, 1995).

Singer and Kouda have used ANNs to estimate the distance from ore veins (Singer & Kouda, 1997). They have also utilized the probability artificial neural networks for the ore vein classification. In 1999, they made a comparison between the potential maps produced from ANNs and the weight of evidence methods (Singer & Kouda, 1999). The results obtained showed fewer error values for the test data in the ANN model (2%) compared to the 23% error in the weight of the evidence method. Brown et al. (2000 & 2003) have integrated GIS and ANN to produce the 1:100,000 ore potential map. They applied multi-layer perceptron (MLP) artificial neural networks with a 68% accuracy in map production. The most important weak point of MLPs is the influence of the small numbers of the input data on the accuracy of the model, which can be seen in this work. Hosseinali and Alesheikh have used MLPs to weigh different data layers and produce the copper potential map (Hosseinali & Alesheikh, 2008). The most significant part of their work was to use ANNs in order to find the shape of the ore body. Harris and Pan have employed the probability and regression ANNs to detect the ore veins (Harris & Pan, 1999). The results of their work demonstrated a better accuracy in the vein location prediction using the probability networks. Some scientists have used the integration of ANNs and other methods for a potential map production such as the integration of ANNs and remote sensing (Sanchez et al., 2003). Others have integrated ANNs with the probability rules (Skabar, 2005).

Many studies have been done to integrate the geophysical data using the artificial neural networks such as processing the ground-penetrating radar (GPR) data (Poulton & El-Fouly, 1991). Polton and Steinburg have integrated the electromagnetic data using ANNs (Poulton et al., 1992). Spichak and Popova have made progress on the magnetotelluric data via optimizing the ANN

algorithm (Spichak & Popova, 2000). Some research works have been done to gain data on inversion resistivity using ANNs (El-Qady & Ushijima, 2001; Calderón-Macias et al., 2001; Singh et al., 2005). Alimoradi et al. have used a probability supervised neural network to integrate the magnetic geophysical data in order to estimate the depth of dikes (Alimoradi et al., 2011). In this work, the geophysical data obtained from 17 profiles in the Zarshouran gold mine was integrated using the new supervised Levenberg-Marquardt-based backpropagation algorithm trained with the cuckoo search (Nazri et al., 2013) to estimate the values of silver grade in the areas without drilling data. We considered 75 data points obtained from six boreholes that were on the geophysical profiles. The input data were the X, Y, and Z coordinates and the IP and RS values. The output data was the silver grade values from logs. Finally, the grade distribution from the machine-learning algorithm was modeled and compared with the geophysical models of the profiles using the Res2DInv software.

## 2. Methodology

### 2.1. Site Geology

The Zarshouran gold deposit is located in the north-western region of Iran. Figure 1 shows the geographical location of this deposit. The gold mineralization in the Zarshouran area is similar to the disseminated epithermal deposits in sedimentary rocks, especially carbonates (Carlin-type), and can be seen in two different shapes:

- Very fine-grained particles, which have been disseminated in the deposit with high values of arsenic and sulfide;
- Forming an organic gold-carbon complex with the organic carbon in the Zarshouran unit, showing a high grade of gold.

Mineralization can be seen as veins in the silicified zones in Zarshouran carbonaceous limestone with regular veinlets or massive in the middle part of Zarshouran. The minerals associated with gold in the Zarshouran deposit are orpiment, realgar, stibnite, sphalerite, galena, cinnabar, and copper. Gang minerals are also quartz, fluorine, barite, and calcite.

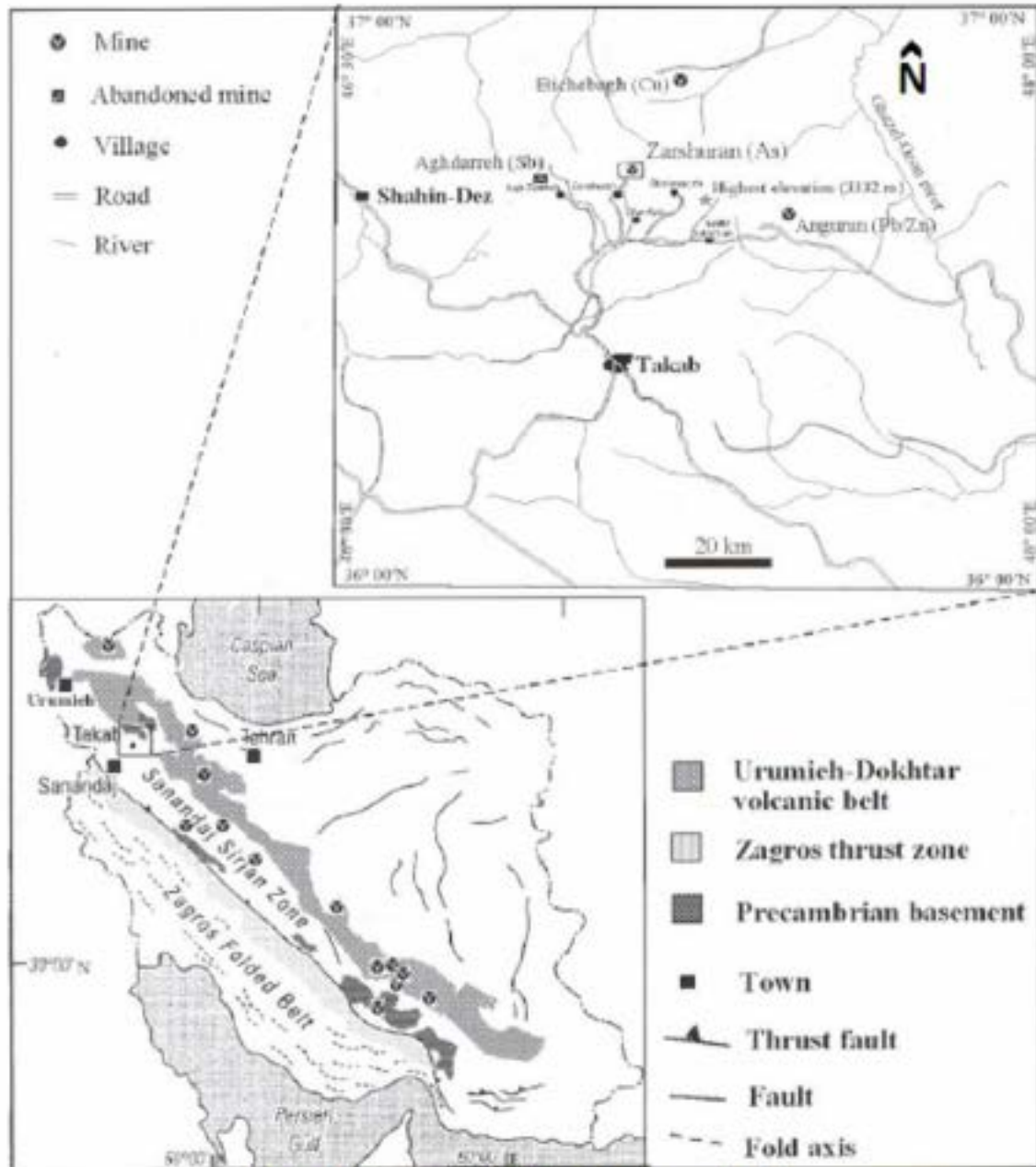


Figure 1. Geographical location of Zarshouran deposit.

**2.2. Data Acquisition and Preparation**

The geophysical surveys (IP/RS) were carried out in the Yeganli area in the south-western region of the main open-pit of the Zarshouran gold deposit to find new deposits in the studied area. Figure 2 presents the location of the Yeganli area with the geophysical profiles on it. Since the mineralization trend in this area is north west-south east, the profiles are designed perpendicular to this trend. In

order to cover the Yeganli area, a rectangle with a dimension of 1650 m\*760 m was considered. All profiles were performed in this rectangle. Seventeen profiles with a distance of about 100 m and the survey point spacing of 30 m on each profile were carried out. Figure 3 illustrates the name and the number of geophysical profiles. The IP/RS array used in this work was pole-dipole with 222 surveyed points on each profile.



Figure 2. Location of the Yeganli area with the geophysical profiles on it.

Figure 3 shows the coordination of all profiles. There are four electrodes in the pole-dipole array. The current will be transmitted into the earth via A and B electrodes, and the potential differences will be received by M and N. M and N, which are close to each other, are the potential dipoles, and A and B, which are in the physical extreme, are the current dipoles.

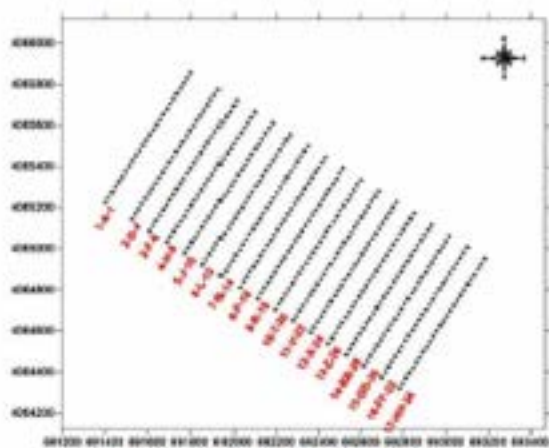


Figure 3. Coordination of all profiles.

### 3. Levenberg-Marquardt Cuckoo Search (CSLM) Machine-Learning Algorithm

Yang and Deb have introduced a metaheuristic algorithm based on the cuckoo search in 2010 (Yang and Deb, 2010). This algorithm simulates the parasitic behavior of a kind of bird called cuckoo. The cuckoo lays its eggs in other bird's nests. Most of the time, the host bird cannot recognize the cuckoo's eggs from its eggs;

however, if the parasite egg can be recognized, the host bird will throw it away or leave the nest to build another one. Some cuckoos are so professional that they find a nest with eggs exactly similar to theirs. This reduces the probability of their eggs being thrown away or the nest being abandoned and also increases the probability of their chicks staying alive. The CS algorithm follows three basic rules. These rules are as follow (Nazri et al., 2013):

- Each cuckoo lays an egg and leaves it randomly in a nest.
- The best nest with the best eggs introduces the next generation.
- The number of host nests is fixed and the cuckoo's egg can be recognized by the host bird with the probability of  $P_a$  [0.1].

If the cuckoo's egg is detected by the host bird, it will be thrown away or the host bird will leave the nest. This situation can be approximated by the partial probability of  $P_a$  from  $n$  nests. Reducing this probability to zero means a 100% success of the cuckoo in saving its eggs and requires the true selection of the nests.

A flow diagram of CSLM is illustrated in Figure 4. The cuckoo search is a metaheuristic algorithm initiated by an initial random population. In this algorithm, the weights are selected by the first part of the diagram, and the network is trained by these weights through the second part. The strength of this algorithm is its capability in reducing errors and increasing the accuracy and speed of the network compared to other backpropagation training algorithms.

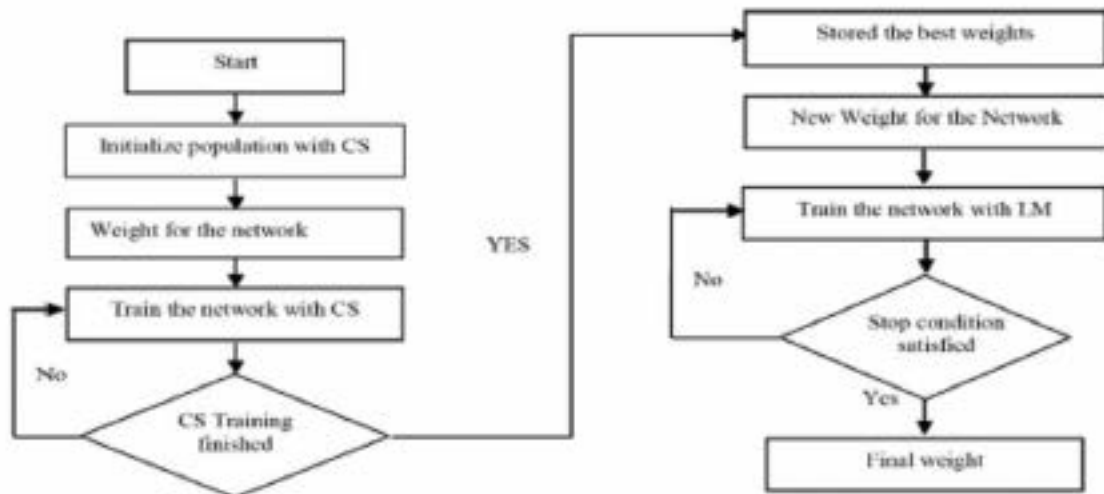


Figure 4. CSLM algorithm (Nazri et al., 2013).

Two different sets of data are necessary to prepare the network, i.e. input and output. The input data is the X, Y, and Z coordinates and the values of IP and RS, which can be obtained from the geophysical surveys as explained before. The output data is the grades of the silver in boreholes located on the geophysical profiles. The total number of data is 75 data points from the boreholes and geophysical surveys. The architecture of the network is shown in Figure 5.

Since the main objective of this work was grade estimation, the machine-learning (ML) method was selected based on the following reasons (Alimoradi, 2008):

- Machine-learning tools are very powerful in pattern recognition.

- They are suitable in cases with input-output data.

MLs are computational models based on the human understanding of the cortical structure of the brain and cognition. Algorithmically, MLs are parallel adaptive systems; therefore, they require training. Back-propagation is a powerful method of supervised learning developed after the seminal work by Paul Werbos and David E. Rumelhart in the 1970s and 80s (Demuth & Beale, 2002). The details of various methods of ML design and training are beyond the scope of this paper and are explained elsewhere (e.g. see Hagan et al., 1996). In this work, we successfully developed and implemented a network with three hidden layers of 14, 12, and 8 nodes, respectively. The network architecture is shown in Figure 6.

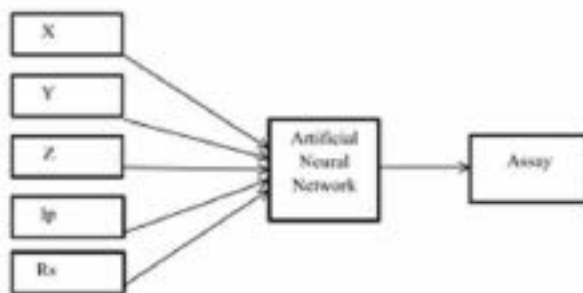


Figure 5. Architecture of neural network.

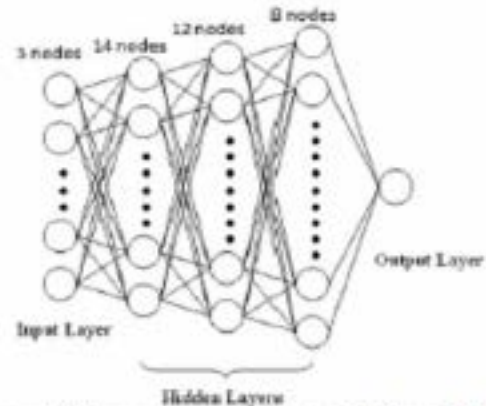


Figure 6. Our proposed network with three hidden layers. The input layer has five nodes, the next three hidden layers (intermediate layers) have 14, 12, and 8 nodes, respectively. The output layer is a single node.

4. Results and Discussion

We checked the CSLM results with 11 different traditional algorithms for training the input data in multi-layer perceptron artificial neural networks. All these algorithms were used in this work to

determine the best-suited one. The results of each algorithm are presented in Table 1 as the average of 100 different random iterations for the best-evaluated structure.

Table 1. Results for different training algorithms.

No	Algorithm	Neurons in each hidden layer	RMS <sub>train</sub>	RMS <sub>test</sub>
1	Traincslm	14 12 8	0.048	0.077
2	Trainlm	14 12 8	0.073	0.092
3	Traingdx	7 8 9	0.090	0.100
4	Trainrp	21 22	0.986	0.215
5	Traincgrf	7 8 9	0.133	0.168
6	Traincgp	10 11 12	0.108	0.117
7	Traincgb	12 15	0.096	0.240
8	Traincog	12 14 16	0.078	0.080
9	Trainbfg	20 21 22	0.098	0.223
10	Trainoc	8 10	0.145	0.134
11	Traingd	8 8	0.350	0.380
12	Traingdm	12 13 14	0.123	0.173

Columns 4 and 5 in Table 1 are the average values of root mean square (RMS) error for the train and test data in each training algorithm. According to the values of the RMS error, the best-fitted algorithm is the Cuckoo Search Levenberg-Marquardt (TrainCSLM) with the minimum values of RMS for the train and test data. The reduction in the network error increases the reliability of the network predictions. CS, as an optimization engine for the BP algorithms, searches for a hybrid model to find the best learning parameters. Since the results of the machine-learning methods were not unique, the best model was run in 20 iterations to check the stability of the model. The RMS results presented in Table 1 are the average values for 20 iterations.

The other training algorithms such as the one-step secant and Fletcher-Powell conjugate gradient were also used; however, they were discarded due to their high tolerance for the test errors and low reliability in our application (Demuth & Beale, 2002; Alimoradi, 2006). With a network of only one or two hidden layers, over-training was often observed. Over-training happens when the network is highly trained but its predictions appear erroneous for the test data. This can be the consequence of the complexity of the problem investigated here and modeled in our neural network. Table 2 illustrates the minimum and maximum error values for the Traincslm algorithm. The absolute training error  $E_{train}$  is calculated as follows:

$$E_1 = |r_1 - p_1|, E_2 = |r_2 - p_2|, \dots, E_n = |r_n - p_n| \quad (1)$$

and:

$$E_{train} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

In Equation 1,  $r$  is the real grade value,  $p$  is the predicted grade value from the network, and  $n$  is the number of training data.  $E_{test}$  is the same as  $E_{train}$ ; however, it is calculated from the test data.  $RMS_{train}$  is the mean square error of the training data and is obtained from Equation 3:

$$RMS_{train} = \frac{\sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$RMS_{test}$  is calculated as  $RMS_{train}$  for the test data.

Table 2. Minimum and maximum error values for Traincslm algorithm.

$E_{train}$	$E_{test}$	RMS <sub>train</sub>	RMS <sub>test</sub>
0.0285	0.0409	0.04	0.077
0.0408	0.0968	0.0866	0.170

As it can be seen in Table 2, RMS of the error in training is less than 10%. For the test results, RMS of the error varied between 7% and 17% for the 100 iterations performed. The reduction in the network error increases the reliability of the network predictions and requires the availability of additional training data. Finally, the parameters of the network are shown in Table 3. The results of the training are presented in Figure 7.

In Figure 7,  $R$  is the correlation coefficient between the real and predicted silver grade values. The

correlation coefficient is close to 1.0, implying a good network performance. Our data in the Zarshouran (Yeganli) site has only silver grade

values. We used the above-mentioned neural network to classify the test data. The results obtained are shown in Figure 8.

Table 3. Parameters of the best network

Parameter	Value
Network	Backpropagation
Training algorithm	Traincslm
Number of hidden layers	3
Input layer neurons	5
Output layer neurons	1
First hidden layer neurons	14
Second hidden layer neurons	12
Third hidden layer neurons	8
Trainparam.Goal	0.008
Trainparam.Epochs	1000
Trainparam.Show	100
Learning rate	0.9

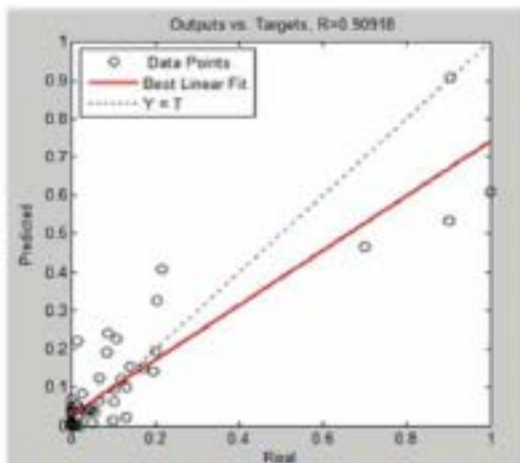


Figure 7. Correlation coefficient for the train data.

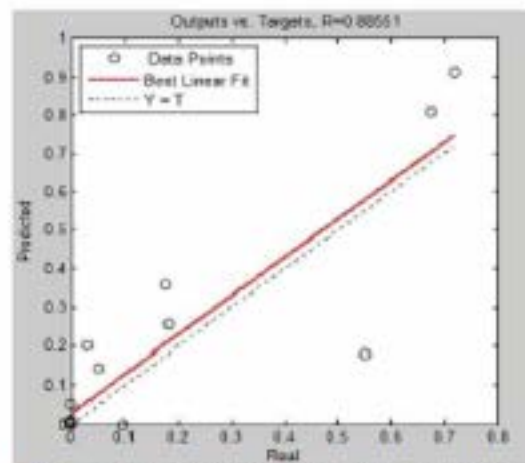


Figure 8. Correlation coefficient for the test data.

During testing a correlation coefficient greater than 0.85 was generally obtained (as exhibited in Figure 8). This shows that the silver grade values in the test data are practically well-correlated with the network predictions; therefore, it deemed appropriate to be exceedingly meticulous with the reliability of the computational tool that was developed as a part of this work to perform the task of classification. This is evident in Figure 9, remarkably demonstrating the performance of the trained network.

The real values of silver grade shown by plus mark in Figure 9 could be easily predicted by the back-propagation neural network by multiply mark. Although there are many points with zero values, the network can still predict the higher values accurately.

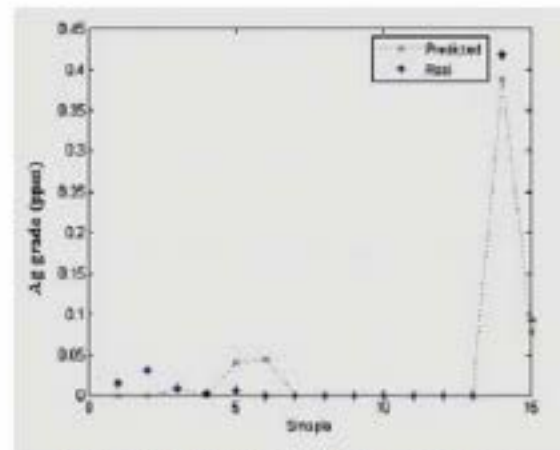


Figure 9. Predicted results for the test data.

### 5. Evaluating Machine-Learning Method Compared with Geophysical Models

Since our dataset was limited to 75 data, many of which had data a silver grade of zero, it was

necessary to validate the ML results with the geophysical profiles. To do this, the silver grades estimated using ML were modeled for each profile (as shown in Figure 10).

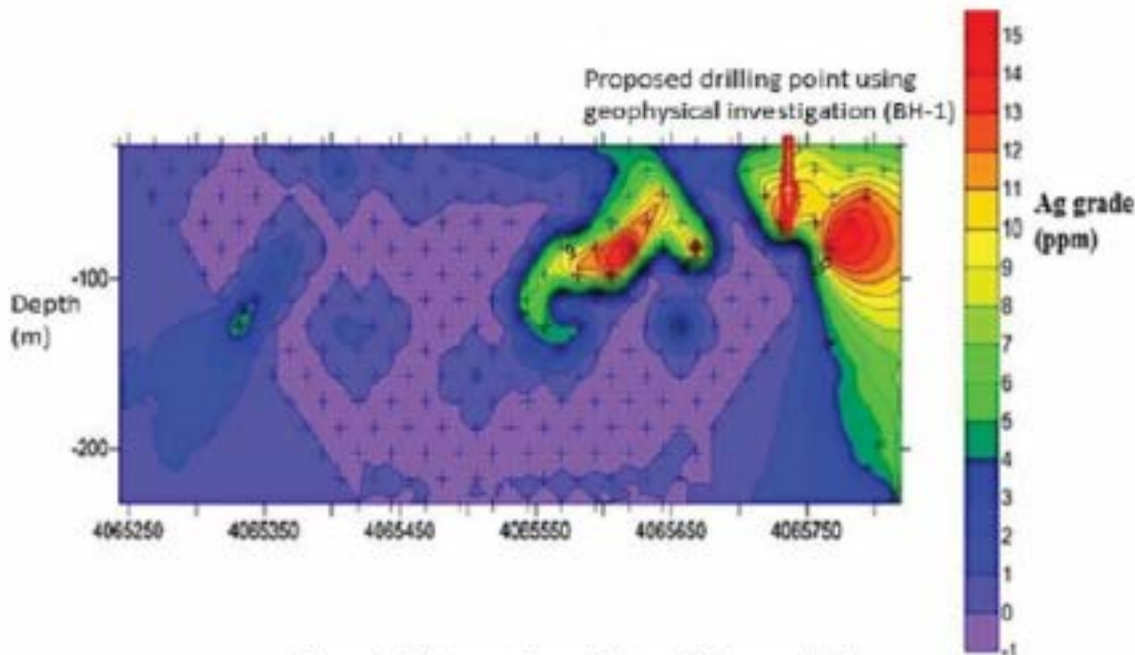


Figure 10. Silver grade model from ML for profile 1.

#### 5.1. Profile 1

This geophysical profile is the northernmost profile of the area with a 720 m length. The distance between the survey points is 30 m, and the depth of the investigation is about 230 m. The Res2Dinv software was used to make the inversion on the surveyed geophysical data in this profile. Figure 11 shows the inverted model of profile 1. The upper part illustrates the model of chargeability, and the lower part is the resistivity model.

Generally, there are two potential zones in this section according to the chargeability profile (two zones with high chargeability values as red zones). According to the geological pieces of evidence, the geophysicists of the project assumed the right part of this section as the priority of the next exploration

activities and introduced a borehole to this part (BH-1 in the chargeability section). The position of the introduced BH-1 is specified by the red arrow in the ML section (Figure 10). The exact position of the anomalous zone is in the right hand of this arrow. ML could predict both potential zones accurately with a difference of 50 m to the center of the right-hand anomaly. This difference can be due to the lack of enough test data (core analysis) in this part of the section to correlate them with the predicted values by ML. The depth of both anomalies is about 100 m, and the distance between the anomalous zones is also about 200 m, which can be estimated and modeled accurately by the ML method.

Aitmaradi et al./ Journal of Mining & Environment, Vol. 11, No. 3, 2020

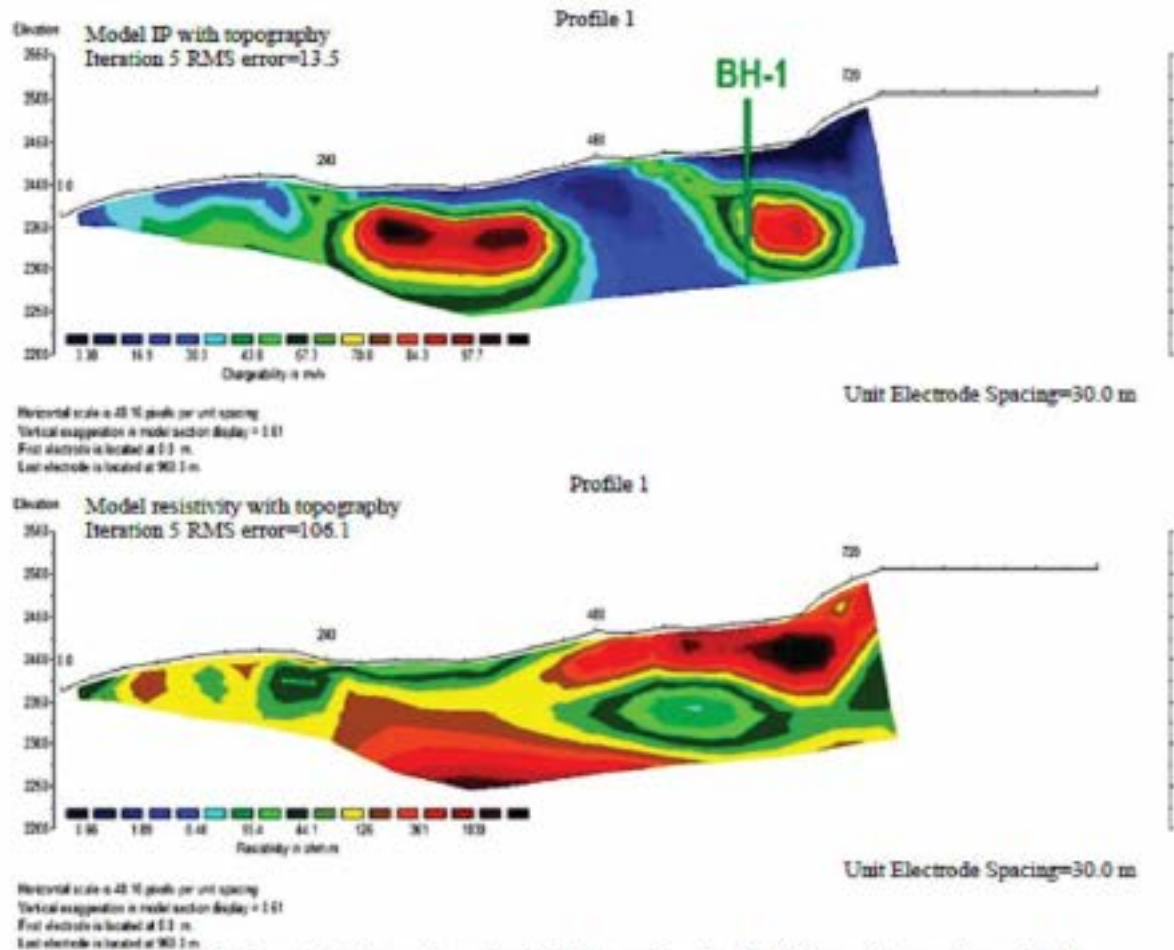


Figure 11. Inverted values of geophysical data using the Res2DInv software for profile 1.

5.2. Profile 4

The length of this profile is 720 m with a 30-m distance between the survey points, and the depth of the investigation is about 190. Figures 13 and 14

illustrate the inverted geophysical sections of chargeability and resistivity and the estimated silver grade section using the new machine-learning tool.

Alimoradi et al. / Journal of Mining & Environment, Vol. 11, No. 3, 2020

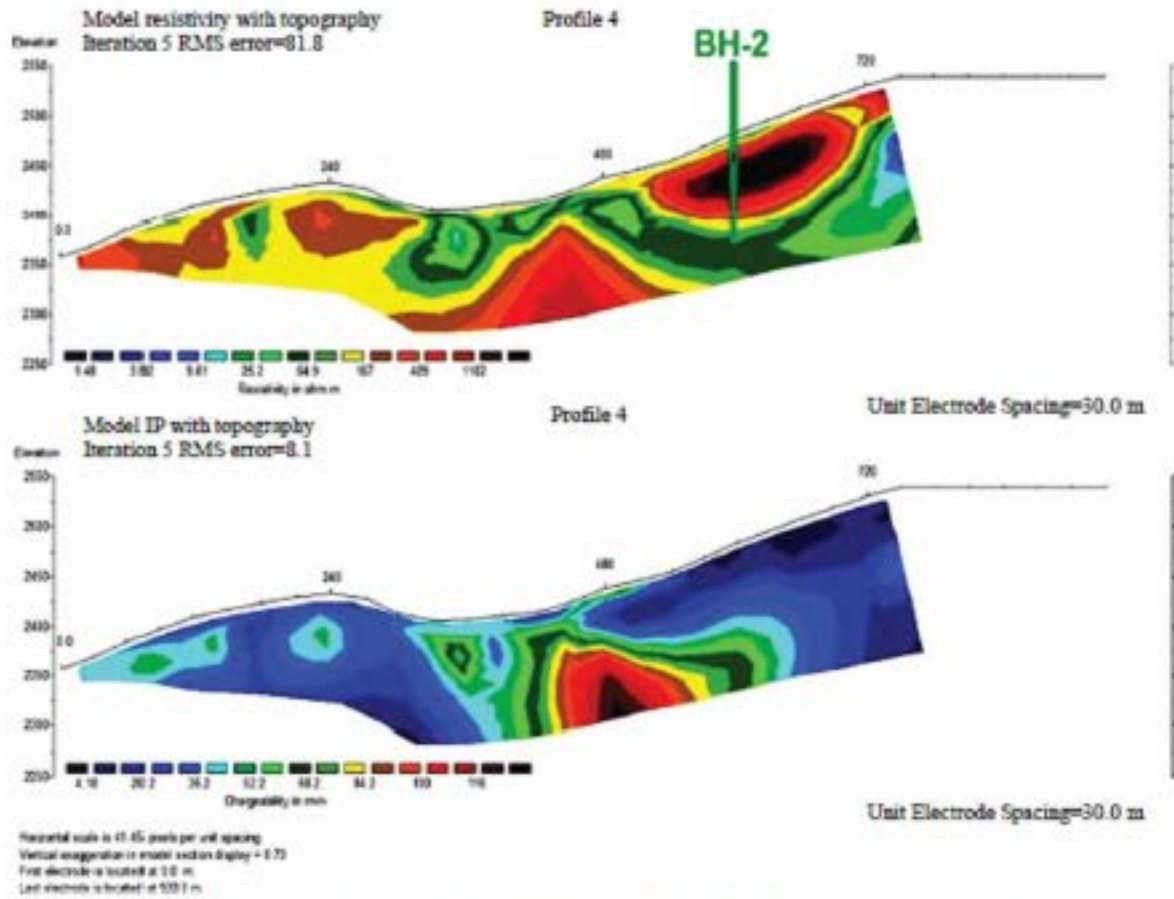


Figure 12. Inverted values of the geophysical data using Res2DInv software for profile 4.

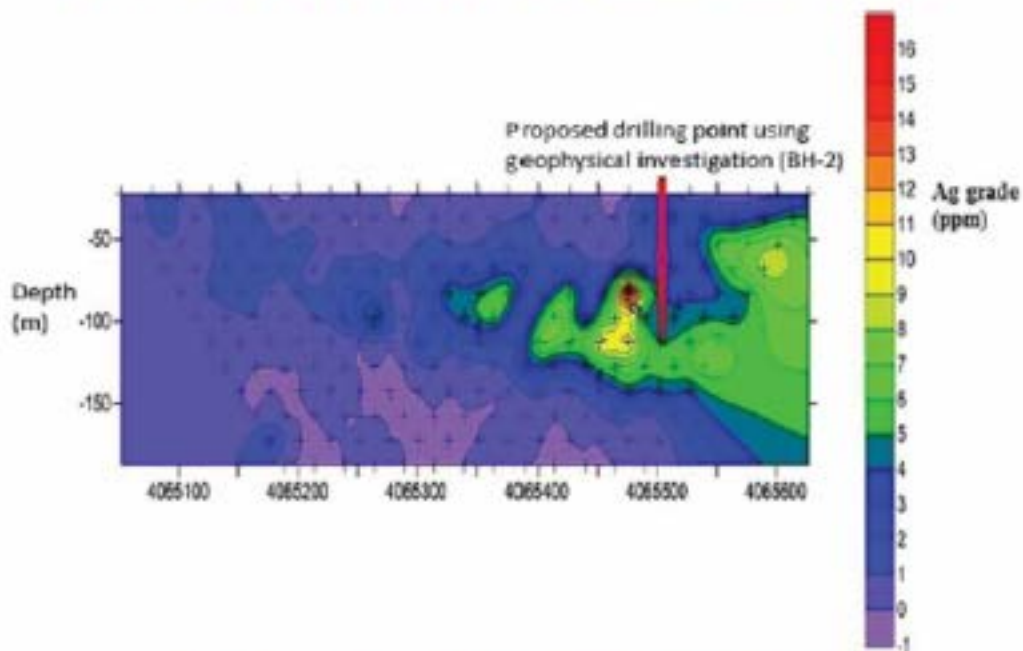


Figure 13. Silver grade model from ANN and surfer for profile 4.

It can be concluded from the geophysical sections (Figure 12) that there is a major anomaly in the right-hand part of the profile. This anomaly is about 120 m far from the end of the profile and has a depth of 50 m. Figure 13 shows that ML is able to predict the horizontal location of the anomaly very accurately; however, the predicted depth is about 25 m deeper than the actual depth. This also can be due to the lower resolution of ML according to the quality and lack of the core analysis data.

### 5.3. Profile 9

The length of this profile is 720 m with a 30-m distance between the survey points, and the depth of the investigation is about 190. Figures 15 and 16 illustrate inverted the geophysical sections of

chargeability and resistivity and the estimated silver grade section using machine-learning. Figure 14 shows that the main anomaly of this section is located in the middle part of the profile with a depth of about 150 m. Borehole 3 was proposed in the middle of the anomaly according to the Res2Dinv model. Although ML has predicted the location of the maximum grade (more than 13.5 ppm) correctly, according to Figure 15, the shape of the anomaly is extended into the end of the profile. The chargeability section also shows the extension of the anomaly to the end of the profile by increasing the depth. Moreover, the resistivity section confirms the existence of the anomaly in the right-hand part of the section according to the lower values of the resistivity in this part.

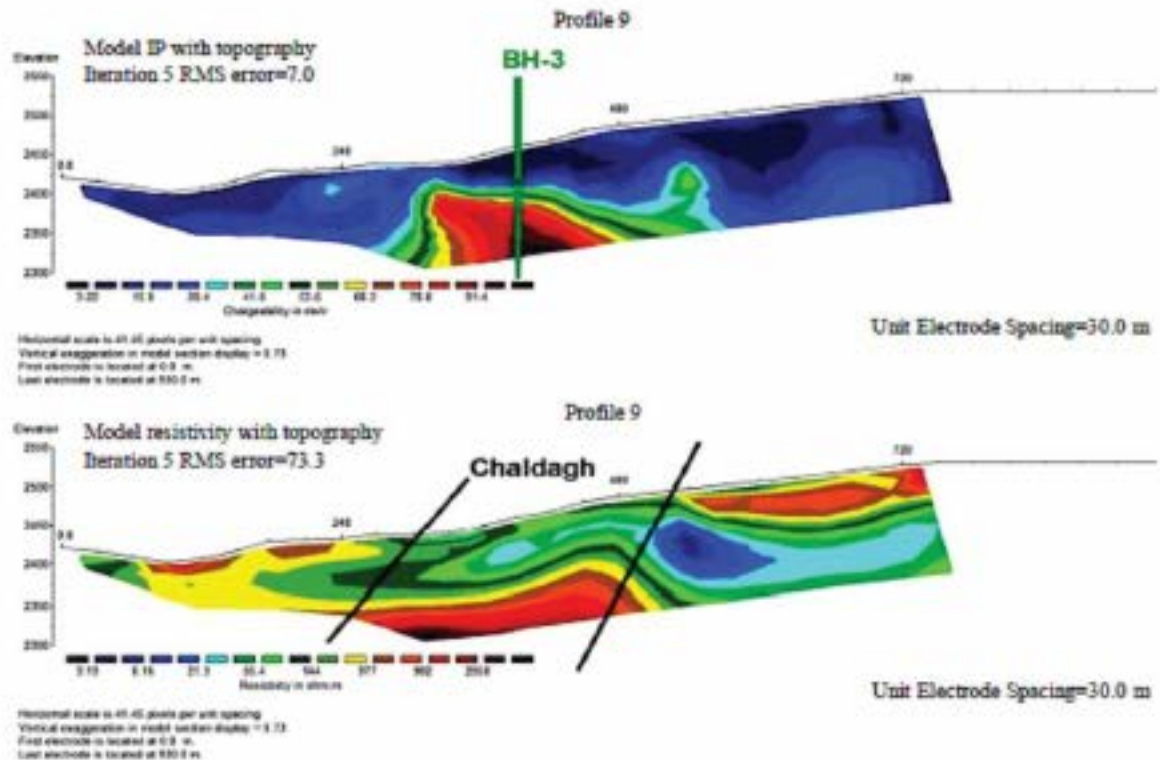


Figure 14. Inverted values of the geophysical data using the Res2DInv software for profile 9.

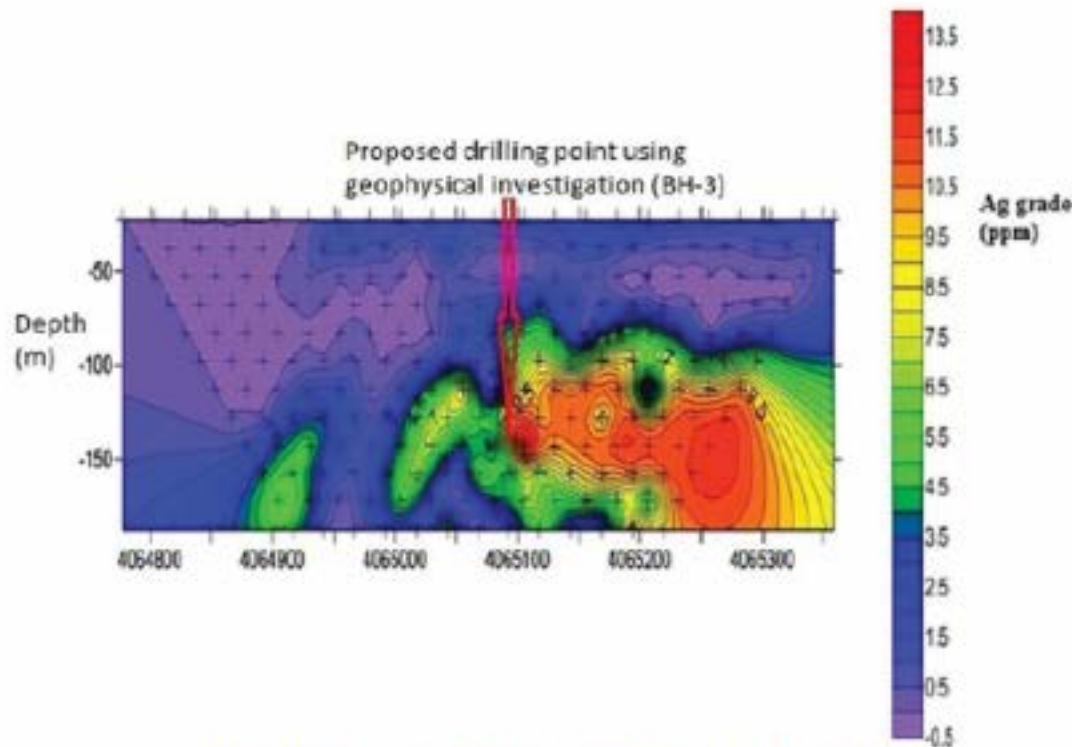


Figure 15. Silver grade model from ANN and surfer for profile 9.

## 6. Conclusions

The measurement noise and the non-linear relationship between the geophysical attributes and ore grade quantities exert difficulties in performing geophysical interpretation reliably. The IP/RS method, as a geophysical-based nondestructive method, is common in problems of predicting potential zones in sulfide ores. Consequently, other viable methods of prediction such as the one proposed in this paper may be deemed necessary in real cases. We successfully implemented and tested an artificially intelligent computational agent (a new cuckoo search-based machine-learning tool) to consider the unknown non-linear relationships between the system variables in our prediction problem (foreseeing the ore grade). Our approach uses the X, Y, and Z coordinates and the IP and RS values as the input system variables. The network seeks the relationship between these input variables adaptively and strives to a desirable output, which is, in our case, the real ore grade values obtained from the direct sampling and analyzing after borehole drilling.

We considered a real site to test our methodology. The Yeganli area in the Zarshouran gold mine case showed that the network could train itself very well with the practically complete correlation between the real ore grade values and the predicted ones (a

correlation coefficient  $R$  close to one). As a double-check, we compared the results of the machine-learning technique with the numerical modeling of the geophysical data performed by Res2DInv. The Res2DInv numerical inversion illustrates the best location for further drillings as the targets of mineral deposits. The network also exhibited a remarkable capability in estimating the unknown zones by comparing the results of ML prediction with the numerical models in three geophysical profiles. The results obtained showed that the network did predict these profiles reliably. There were some disparities in some places between the results of ML and Res2DInv numerical models. We speculate the followings as the possible reasons for this peculiarity:

- The locations of the drilled holes were not exactly on the geophysical profiles.
- The data scattering of the outputs was limited, and there was a specific skewness in data.
- The number of training data (80% of 75 data points) is not sufficient for the network to consider all the different possibilities of various conditions.
- The nature of the machine-learning tools is soft computing, and numerical methods are hard.

- Earth heterogeneity leads us to use the soft computing tools to recognize the hidden pattern better.

The remedy would be obtaining more drilling samples from the profiles and finding the real ore grade values, then augmenting the training of the neural network with the new data and ore grade values. It is also recommended to use the output data with a suitable distribution of all ranges (if possible) in other cases, specifically in disseminated sulfide deposits, in which it has been proven that there is a proper relationship between IP/RS and the mineral grade values. We speculate this would enhance the accuracy of the network predictions considerably.

#### Acknowledgments

The many constructive comments and pieces of advice received during this work from Mr. Mohammad Ebrahim Sabaei, working at the Zarshouran gold mines and Mineral Industries Development Company, are appreciated. Furthermore, we sincerely appreciate the comments received from and the enlightening discussions with our anonymous reviewers that improved the paper.

#### References

- [1] Alimoradi, A. (2006). A comparison between RMSE values of TSP-203 and the real values. MSc. Thesis in Mine Exploration Engineering (Third Chapter), Shahrood University of Technology, 45-64.
- [2] Alimoradi, A., Moradzadeh, A., Naderi, R., Zad Salehi, M. and Etemadi, A. (2008). Prediction of geological hazardous zones in front of a tunnel face using TSP-203 and artificial neural networks, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 23, 711-717.
- [3] Alimoradi, A., Angorani, S., Ebrahimzadeh, M. and Shariat Panahi, M. (2011). Magnetic inverse modelling of a dike using the artificial neural network approach, *Near Surface Geophysics*, 9, 339-347.
- [4] Bishop, C.M. (1995). *Neural networks: for pattern recognition*, 1st edition, Oxford Clarendon.
- [5] Brown, W.M., Gedeon, T.D., Groves, D.I. and Barnes, R.G. (2000). Artificial neural networks: A new method for mineral prospectivity mapping, *Australian Journal of Earth Science*, 47, 757-770.
- [6] Brown, W.M., Gedeon, T.D. and Groves, D.I. (2003). Use of noise to augment training data: A neural network method of mineral potential mapping in regions of limited known deposit examples, *Journal of Natural Resource Research*, 12, 141-152.
- [7] Calderón-Macias, C., Sen, M.K. and Stoffa, P.L. (2001). Artificial neural networks for parameter estimation in geophysics, *Geophysical Prospecting*, 48, 21-47.
- [8] Demuth, H., Beale, M. (2002). *Neural network toolbox for use with MATLAB*, Version 3.0.
- [9] Douglas, W., Oldenburg, Yaoguo, Li. (1999). Estimating depth of investigation in dc resistivity and IP surveys, *Geophysics*, 64, 403-416.
- [10] El-Qady, G., Ushijima, K. (2001). Inversion of DC resistivity data using neural networks, *Geophysical Prospecting*, 49, 417-430.
- [11] Hagan, M.T., Demuth, H.B. and Beale, M. (1996). *Neural network design*, PWS Publishing Company, Boston, MA.
- [12] Hasani Pak, A., Shoja-ati, B. (2000). *Metal-nonmetal ore modeling and their exploration application*, University of Tehran.
- [13] Hosseinali, F. and Alesheikh, A.A. (2008). Weighting spatial information in GIS for copper mining exploration, *Journal of Applied Science*, 5, 1187-1198.
- [14] Loke, M. H. (1999). *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: A practical guide to 2-D and 3-D surveys*, 1-4.
- [15] Nazri, M.N., Abdullah Khan, M.Z.R. (2013). A new Levenberg Marquardt based back propagation algorithm trained with Cuckoo search, *Procedia Technology*, 11, 18-23.
- [16] Porwal, A. (2006). *Mineral potential mapping with mathematical geological models*, PhD thesis, University of Utrecht.
- [17] Poulton, M., El-Fouly, A. (1991). Preprocessing GPR signatures for cascading neural network classification, 61st SEG meeting, Houston, USA, *Expanded Abstracts* 507-509.
- [18] Poulton, M., Sternberg, K., and Glass, C. (1992). Neural network pattern recognition of subsurface EM images, *Journal of Applied Geophysics*, 29, 21-36.
- [19] Sanchez, J.P., Chica-Olmo, M., and Abarca-Hernandez, F. (2003). Artificial neural network as a tool for mineral potential mapping with GIS, *Journal of Remote Sensing*, 24, 1151-1156.
- [20] Selley, R.C., Cocks, R.M. and Plimer, I.R. (2005). *Encyclopedia of geology*, Vol. 1, 1st edition, Elsevier Ltd, Oxford.
- [21] Skabar, A.A. (2005). Mapping mineralization probabilities using multilayer perceptrons, *Journal of Natural Resource Research*, 14, 109-123.
- [22] Singer, D.A. and Kouza, R.A. (1997). Classification of mineral deposit into types using mineralogy with a probabilistic neural network, *Nonrenewable Resources*, 6, 27-32.

## معدنکاری عمیق، فرصت‌ها و چالش‌ها

سامان نقی خانی  
کارشناس ارتش تونل و فضاها  
زیرزمینی



هند، روسیه و لهستان واقع شده‌اند. در این میان عمق میانگین معادن فلزی در آفریقای جنوبی به ۲ کیلومتر رسیده است. بیشترین عمق در معدن طلای Western Deep Level به نزدیک به ۵ کیلومتر رسیده است. نظریه اینکه معدنکاری عمیق بسیار پیچیده و چالش‌برانگیز می‌باشد، پس نیاز مبرم به راه‌حل‌های خلاقانه همراه با بهترین تمرینات احساس می‌شود و همچنین استانداردهای ایمنی بیشتری باید اتخاذ شوند تا بتوان بر این چالش‌ها غلبه کرد و به دست‌آوردهای عظیم اقتصادی رسید. در مقایسه با استخراج منابع کم‌عمق، معدنکاری عمیق با حوادثی از قبیل انفجار سنگ، حفاری‌های بزرگ‌مقیاس و هجوم مخلوط زغال، آب و گاز همراه است. این حوادث عموماً در طبیعت

با افزایش ورود مشتریان به بازار مواد معدنی و افزایش سطح استاندارد زندگی در جهان، مصرف مواد معدنی به سرعت در حال افزایش است. این عامل باعث شده است که مقدار ذخایر معدنی و زغال در اعماق کم به تدریج به اتمام رسیده، و بهره‌برداری از زغال و منابع معدنی در اعماق بیشتر زمین مورد توجه زمین‌شناسان اکتشافی و مهندسين معدن قرار گرفته است. در حال حاضر، معدنکاری عمیق در عمق ۱ کیلومتری از سطح زمین امری طبیعی است؛ به طوری‌که عمق معادن زغال به ۱۵ کیلومتر، عمق بهره‌برداری زمین‌گرمایی به بیش از ۵۰۰۰ متر، عمق معادن فلزی غیرآهنی به حدود ۴۵ کیلومتر و در نهایت عمق بهره‌برداری نفت و گاز به حدود ۷۵



کیلومتر رسیده است. پس می‌توان اظهار کرد که معدنکاری عمیق در آینده به صورت گسترده مرسوم خواهد شد. این صنعت در لهستان، آلمان، بریتانیا، ژاپن و فرانسه به عمق بیش از ۱ کیلومتر رسیده است. در خصوص معادن فلزی، حداقل ۸۰ معدن با عمق بیش از یک کیلومتر وجود دارند که بیش‌تر آن‌ها در آفریقای جنوبی، کانادا، ایالات متحده،

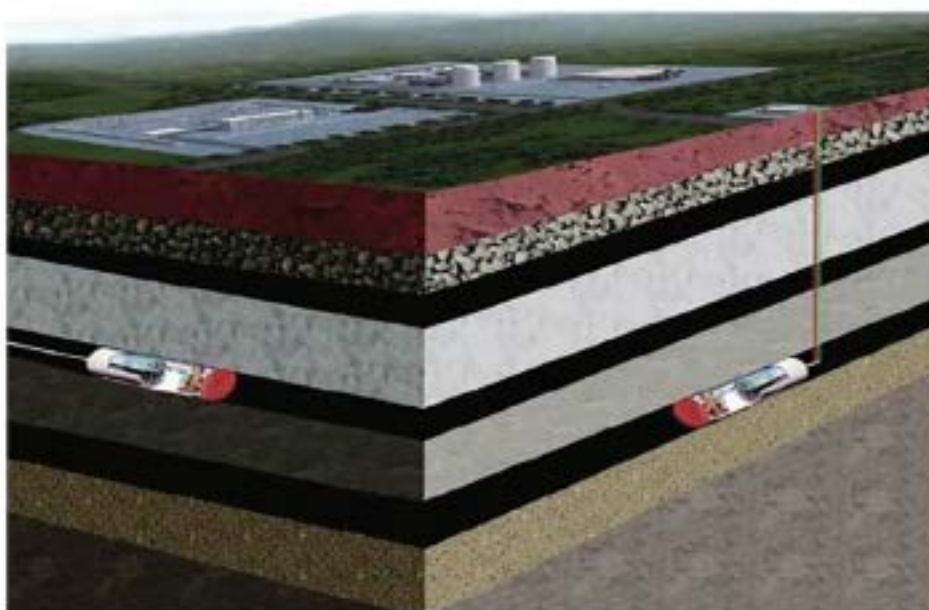
شیبه‌سازی کند. در بین مراکز مهم ژئومکانیکی، آزمایشگاه Deep Earth Energy در دانشگاه موناش استرالیا، تاسیسات تحقیقاتی به‌روزی جهت انجام تحقیقات پیشرفته بر روی مشخصات و خردایش سنگ دارد. تجهیزات بزرگ مقیاس شامل سکوهای سه‌محوره‌ی پیشرفته دمبالا و فشاربالا هستند. تجهیزات با مقیاس کلان توسط دستگاه‌های برش و دستگاه سیلاب هسته‌ای (مغزه‌ای)، یک سکوی سه‌محوره فشار بالا، و یک محفظه‌ی تست هیدرومکانیکی فشاربالا، در کنار دستگاه فشارسنج سه‌بعدی هایپرنسئون برای تست رفتار سنگ حین شکست معرفی می‌شوند. تجهیزات کوچک مقیاس شامل تاسیسات میکروسکوپی پرتو ایکس برای تصویربرداری سه بعدی، پرتوگرافی مقطعی رایانه‌ای، میکروسکوپ الکترونی روبشی، و دستگاه XRD است. نصب تمام تجهیزات فوق توسط روش المان محدود (FEM)، روش تفاضل محدود (FDM)، و روش PFC انجام می‌پذیرد. این آزمایش رژیم‌های مدلسازی چهارمرحله‌ای آزمایشگاهی و عددی را اتخاذ می‌کند تا تمام پروسه را از فاز کوچک مقیاس تا مقیاس ذخیره در بر گیرد، تا بتوان مشاهدات کوچک مقیاس (خردایش



پیچیده بوده و به سختی قابل پیش‌بینی و کنترل هستند. ویژگی‌های توده‌سنگ و شرایط مرزی در معادن عمیق علل اصلی فجایع معدنکاری عمیق هستند. برای مثال، در معدنی با عمق بیش از یک کیلومتر، تنش‌های برجا که به دلیل وجود روباره، شرایط تکتونیک و فعالیت‌های معدنکاری می‌توانند باعث ایجاد تمرکز تنش شده که خسارت و شکستگی‌هایی را در اطراف توده‌سنگ سبب می‌شوند. تحت شرایط تنش زیاد و دمای بالا و فشار بالای آب، اختلالات ناشی از فعالیت‌های معدنکاری می‌تواند منجر به تخریب ناگهانی و غیرقابل پیش‌بینی توده سنگ شده، که توسط طیف وسیعی از خرابی و ناپایداری‌ها نشان داده می‌شوند. همچنین، تغییر شکل و مشخصات شکست توده‌سنگ‌ها در اعماق زیاد عموماً نشان‌دهنده‌ی رفتارهای شدید وابسته به زمان هستند. به منظور غلبه بر مشکلات مکانیک‌سنگی و معدنکاری عمیق، مطالعات مختلفی توسط محققان انجام شده است. از مهم‌ترین آنها می‌توان به نحوه‌ی کنترل زمین در معادن عمیق، معدنکاری هوشمند، معدنکاری پیشرفته با سیکل پیوسته و TBM و معدنکاری بستر سیال اشاره کرد. علاوه بر این، در دو دهه اخیر، پیشرفت‌های وسیعی در زمینه‌ی تاسیسات آزمایشگاهی و نرم‌افزارهای عددی در سراسر جهان رخ داده است که قادر به شبیه‌سازی رفتار واقعی سنگ تحت شرایط تنش برجا هستند. برای مثال در استرالیا، آزمایشگاه مکانیک سنگ CSIRO تاسیساتی دارد که می‌تواند رفتار واقعی سنگ را در معدنکاری عمیق با استفاده از آخرین سکوی سه‌محوره ساخته شده، تاسیسات سیلاب هسته‌ای (مغزه‌ای)، و ابزارهای عددی

حقیقی، لیچینگ، رفتارهای سیال‌گونه، محیط‌های منفذی موجود، و خمیدگی در جریان سیال از میان فضاها (منفذی) را در زمینه آن‌ها، و پاسخ کنسنگ و رفتار وابسته به زمان آن را شناخت. مطالعه روابط بین این چهار مقیاس در اخذ مشخصات زمین‌شناسی مهم برای یک مدل جامع در مقیاس ذخیره در شرایط حقیقی ضروری است. به عنوان یک نتیجه کلی: برخی از چالش‌ها، پیشرفت‌ها، و مسائل احتمالی در معدنکاری عمیق به طور خلاصه به شرح قابل توصیف می‌باشند.

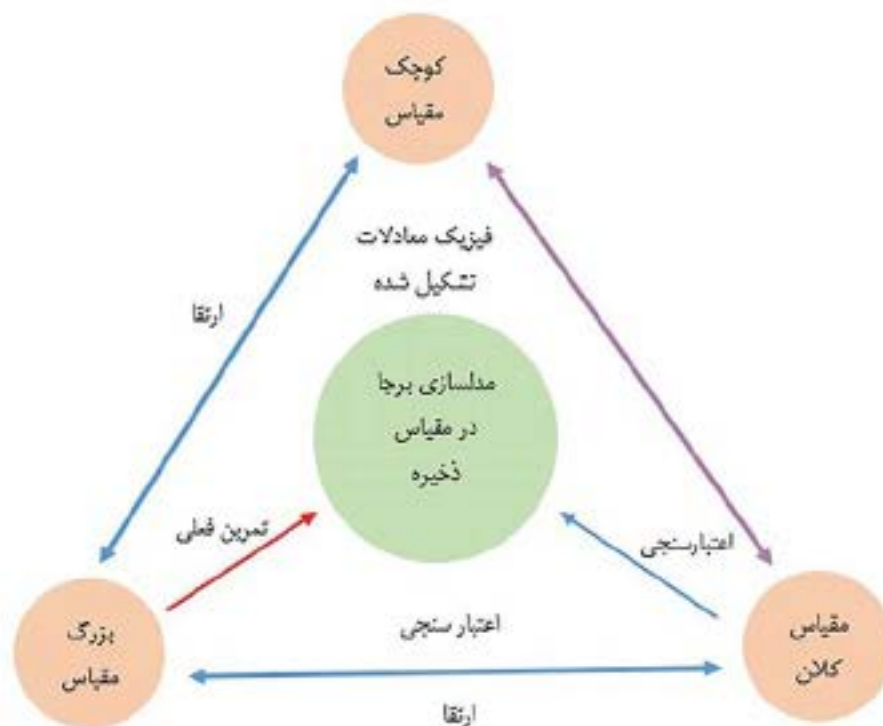
- ۱- معدنکاری عمیق در آینده با اتمام تدریجی ذخایر زغال و مواد معدنی در اعماق سطحی مرسوم خواهد شد. پیشرفت معدنکاری عمیق محدود بوده و از پیشرفت‌های مکانیک‌سنگی و تکنولوژی ماشین‌آلات تاثیر می‌گیرد. همچنین، نظریات و تکنولوژی‌های جدید برای معدنکاری عمیق، به‌خصوص با در نظر گرفتن تنش‌های برجا و القایی بالا در معادن به همراه سایر شرایط مرزی که در اعماق زیاد یافت می‌شوند، ضروری هستند.
- ۲- برخی از مقادیر کنترلی برای فجایع معدنی نظیر تغییر شکل سنگ‌های محصورکننده، انفجار سنگ،



واحد معدن

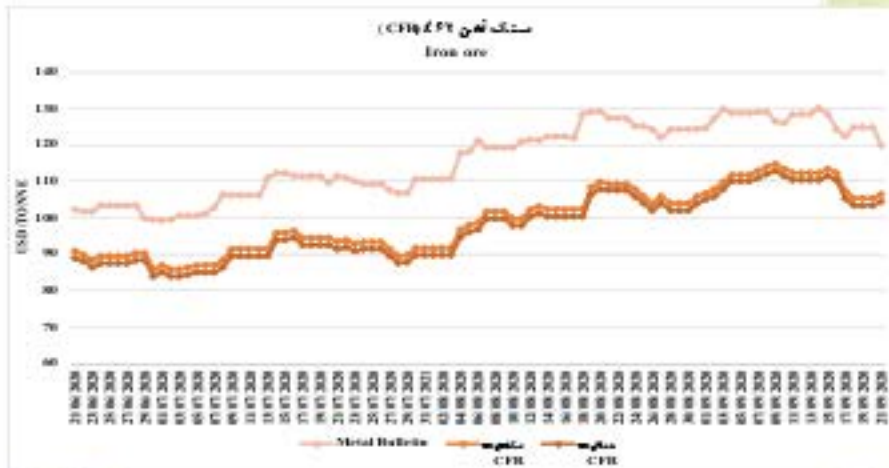
مرتب‌سازی،  
پالایش و واحد  
پرکنگازرسانی و واحد  
تولید تیروگاز یا برق، خطوط  
لوله انتقال تیرو

و هجوم مخلوط زغال-گاز و آب ارتقا یافته و اجرا شده است. هرچند که پیشرفت روش‌های بحرانی در معدنکاری عمیق، نظیر روش‌های کنترل و پایش تغییرشکل‌های القایی سنگ ناشی از معدنکاری، ایمنی، معدنکاری سبب در معادن زغال، و استخراج مشترک در معادن فلزی، در حال پیشرفت است. ۳- با توسعه‌ی سریع تکنولوژی‌های به‌روز، بسیاری از مشکلات بحرانی که پیشرفت معدنکاری عمیق را محدود می‌کنند، از بین خواهند رفت، خواه به صورت مستقل یا به واسطه‌ی تلفیقی از معدنکاری هوشمند، معدنکاری با سیکل پیوسته برای معادن فلزی، و معدنکاری سیال برای ذخایر زغالی عمیق؛ تمام آن‌ها بیانگر روش‌های غالب معدنکاری عمیق در آینده هستند. معدنکاری عمیق به سمت تمام خودکار، تمام هوشمند و تمام مکانیزه‌شدن پیش می‌رود. ۴- تکنولوژی‌های جدید معدنکاری در حال توسعه به منظور شناسایی و بهره‌برداری از ذخایر غیرقابل دسترس گذشته هستند، تا بتوانند نیاز روزافزون جهانی را تأمین کنند. استخراج بستر دریا که مشخصاً نهشته‌های سولفیدی توده‌ای بستر دریا، پوسته‌های آهن منگنز، و ندول‌های فلزی را مد نظر قرار داده است، نیازمند روش‌های جدیدی برای بازیابی ماده است.



## تحلیل اقتصادی و بازاریابی محصولات معدنی

## سنگ آهن



قیمت سنگ آهن در سه ماهه تابستان روندی صعودی داشت. افزایش تقاضا، رشد قیمت فولاد و محصولات فولادی از جمله میلگرد، کاهش تنش های ساسی و تجاری بین آمریکا و چین و از سر گیری و تشدید تنش های دیپلماتیک میان چین و استرالیا از جمله دلایل افزایش قیمت سنگ آهن بوده است.

- سنگ آهن در این فصل با قیمت ۱۰۲/۴۲ دلار به ازای هر تن شروع به معامله کرد و با ۱۶/۹۹ درصد افزایش قیمت در پایان فصل به ۱۱۹/۸۲ دلار به ازای هر تن رسید.

- کنسائتره به طور متوسط در سه ماهه دوم سال با قیمت ۱۱۶/۱۳ دلار به ازای هر تن معامله گردید و بیشینه آن در تاریخ ۲۴ شهریور با قیمت ۱۳۰/۱۷ دلار به ازای هر تن و کمینه آن در تاریخ ۱۱ تیر با قیمت ۹۹/۱۷ دلار به ازای هر تن معامله شد.

## طلا

طلای به عنوان ماده معدنی سرمایه ای در سه ماهه تابستان روند صعودی را پشت سر گذاشت. کاهش ارزش دلار، تحولات و تنش ها در خاورمیانه، پایین بودن نرخ بهره در آمریکا، کاهش تولید، و افزایش اختلافات بین چین و آمریکا از محرک های قیمت طلا گزارش شده است.

- طلا در این فصل با ۱۷۳۲/۸۰ دلار به ازای هر تروی اونس شروع به معامله کرد و با ۱۰/۴۸ درصد افزایش قیمت در پایان آن به ۱۹۱۰/۹۰ دلار به ازای هر تروی اونس رسید.

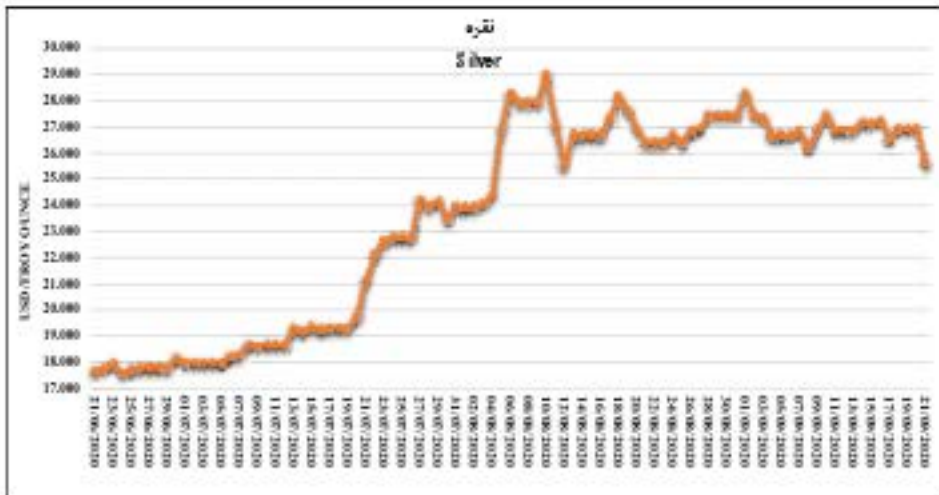
- متوسط قیمت طلا در سه ماهه ی دوم سال ۹۹۰ با قیمت ۱۸۹۷/۱۷ دلار به ازای هر تروی اونس معامله گشت و قیمت بیشینه آن در تاریخ ۱۶ شهریور با مبلغ ۲۰۶۵/۶۰ دلار به ازای هر تروی اونس و قیمت کمینه آن در تاریخ ۱ تیر با مبلغ ۱۷۳۲/۸۰ دلار به ازای هر تروی اونس معامله شد.

- دامنه ی نوسان قیمت طلا در سه ماهه دوم ۳۲۲/۸۰ دلار به ازای هر تروی اونس بود.

اگرچه به دلیل همه گیری بیماری کرونا میزان مصرف طلا در نیمه اول سال ۲۰۲۰ حدود ۵/۹ درصد کاهش یافته است، اما پیش بینی می شد میزان مصرف طلای جهانی سال های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ با نرخ رشد سالانه ۲/۸ درصد افزایش یابد. شکل زیر میزان مصرف طلا از سال ۲۰۱۲ و پیش بینی آن تا سال ۲۰۲۲ را نشان می دهد. بیشترین میزان مصرف در بخش جواهرات پیش بینی می شود.



## نقره



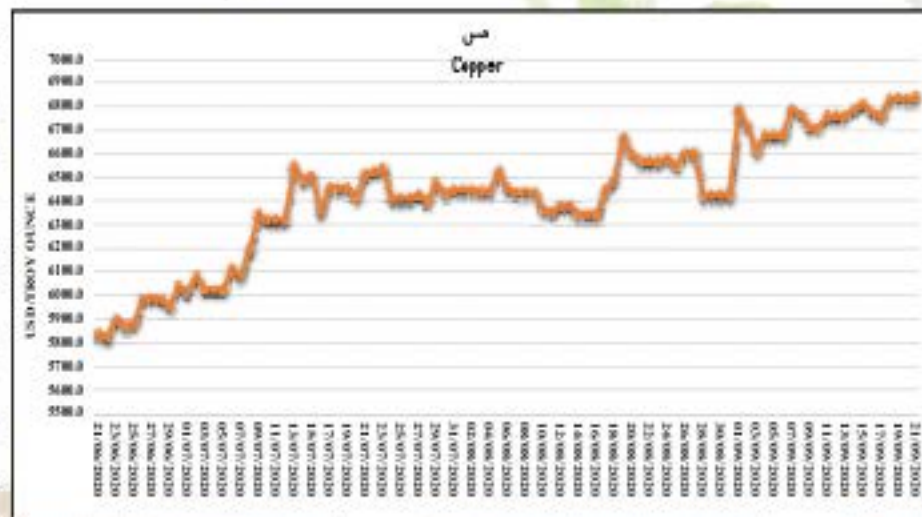
نقره در سه ماهه تابستان صعود پر شیبی داشت. نرخ پایین بهره در آمریکا، نگرانی‌ها از کاهش عرضه نقره، کاهش ارزش دلار، مسایل خاورمیانه، و افزایش محرک‌های اقتصادی از جمله عوامل افزایش قیمت نقره گزارش شده است. نقره در این فصل با ۱۷/۶۶۵ دلار به ازای هر تروی اونس شروع به معامله کرد و با ۴۵ درصد افزایش قیمت در پایان آن به ۲۵/۶۱۰ دلار به ازای هر تروی اونس رسید.

- متوسط قیمت نقره در سه ماهه دوم سال ۹۹ با قیمت ۲۳/۶۷۸ دلار به ازای هر تروی اونس معامله گشت و قیمت پیشینه آن در تاریخ ۲۰ مرداد با مبلغ ۲۸/۹۹۵ دلار به ازای هر تروی اونس و قیمت کمینه آن در تاریخ ۴ تیر با مبلغ ۱۷/۵۹۰ دلار به ازای هر تروی اونس معامله شد.
- دامنه‌ی نوسان قیمت نقره در سه ماهه دوم ۱۱/۴۰۵ دلار به ازای هر تروی اونس بود.

## مس

مس نیز مانند سایر فلزات سه ماهه تابستان را صعودی طی کرد. بهبود شرایط اقتصاد جهانی، افزایش تقاضا مس در کشور چین، کاهش ارزش دلار، افزایش تولیدات مس، افزایش ارزش یوان نسبت به دلار آمریکا از حامیان قیمت مس عنوان شده است. مس در این فصل با ۵۸۲۵/۵ دلار به ازای هر تن شروع به معامله کرد و با ۱۷/۱۶ درصد افزایش قیمت در تاریخ ۳۱ شهریور به ۶۸۳۷ دلار به ازای هر تن رسید.

- مس به طور متوسط در تابستان ۹۹ با قیمت ۶۴۳۲ دلار به ازای هر تن معامله گشت و پیشینه آن در تاریخ ۳۱ شهریور با مبلغ ۶۸۳۷ دلار به ازای هر تن و قیمت کمینه آن در تاریخ ۲ تیر با مبلغ ۵۸۲۵ دلار به ازای هر تن معامله گشت.
- دامنه نوسان قیمتی مس در سه ماهه‌ی دوم سال ۹۹ با مبلغ ۱۰۱۲ دلار به ازای هر تن را شاهد بود.



## کاوشگران از نگاه بنیان گذار

### مهندس فرزاد رفیعا

بعد از انقلاب و با خروج شرکتها و کارشناسان خارجی، جای یک مشاور تخصصی در بخش معدن کاملاً عیان بود، براین اساس با دوستان و همکاران دانشگاهی خود صحبت کردم و در سال ۱۳۶۲ با همکاری اساتید دانشجویان عموماً دانشکده فنی تهران، مبادرت به تاسیس شرکت مهندسی مشاور کاوشگران نمودم. در طول قریب به ۳۷ سال گذشته با مشکلات و فراز و فرودهای زیادی روبرو بودم از جمله تحریم کالا و دانش فنی و مشکلات نقدینگی و کمیبود نیروهای زبده، ولی به حمدالله با تلاش همکاران م در حال حاضر با داشته چهار رتبه یک و ۳ رتبه دو و سه از سازمان مدیریت و برنامه ریزی، در زمینه های مختلف استخراج و اکتشاف معدن و با داشتن قریب به دویست نفر بعنوان قدیمی



ترین شرکت مهندسی در بخش معدن مشغول به فعالیت هستیم. در طول این چندسال با انجام پروژه کوچک و بزرگ، تعداد زیادی از دانش آموختگان صنعت و معدن با ما همکاری کردند که در حال حاضر در اقصا نقاط ایران و دنیا در شرکت های مختلف سرآمد می باشند مفتخرم که بگویم شرکت کاوشگران در چهار دهه اخیر تا کنون هیچ فعالیت نیمه کاره ای نداشته و کلیه پروژه های خود را تا انتها راهبری نموده است امیدوارم با ورود جوانان با تجربه در عرصه مدیریتی این شرکت، همچنان نام این شرکت با خوشنامی درخشیده و موتور محرکه آن با توان مضاعف در مسیر تعالی حرکت خود را ادامه دهد.



حامد امیری

کارشناس ارشد استخراج معدن

## نیاز انسان به مواد معدنی در طول عمر

مواد معدنی از مهمترین نیازهای هر بشر در طول زندگی خود می باشد. محققان بااستناد به داده‌های بدست آمده از انجمن ملی معدن، سازمان زمین‌شناسی و اداره اطلاعات انرژی ایالت متحده نشان دادند با فرض اینکه میانگین امید به زندگی در ایالت متحده ۷۸/۶ باشد، هر انسان به ۱/۵ میلیون کیلوگرم مواد معدنی متشکل از فلزات و سوخت‌های فسیلی نیاز دارد. مقدار مصرفی هریک از مواد معدنی به تفکیک در ادامه آورده شده است.



مس (Copper)  
۴۳۱ کیلوگرم



طلا (Gold)  
۴۷،۹ گرم



رس (Clay)  
۵،۲۶۸ کیلوگرم



سرب (Lead)  
۳۹۵ کیلوگرم



سنگ آهن (Iron Ore)  
۹،۸۱۸ کیلوگرم



روی (Zinc)  
۲۲۸ کیلوگرم



زغال (Coal)  
۱۲۷،۱۱۷ کیلوگرم



بوکسیت (آلمینیوم)  
(Aluminum Bauxite)  
۱،۲۲۱ کیلوگرم



نمک (Salt)  
۱۳،۴۹ کیلوگرم



سیمان (Cement)  
۲۴،۴۲۵ کیلوگرم



سنگ فسفات  
(Phosphate Rock)  
۶،۰۰۲ کیلوگرم



نفت (Petroleum)  
۷۵،۱۱۴ بشکه



گاز طبیعی  
(Natural Gas)  
۲۲۵،۶۸۵ مترمکعب



دیگر مواد معدنی و فلزات  
۲۶،۶۵۷ کیلوگرم

## مدیران و کارشناسان ارشد کاوشگران از گذشته تا به امروز

تداوم ۳۷ ساله شرکت مهندسين مشاور کاوشگران به عنوان یکی از قدیمی ترین شرکت های مشاور در حوزه مهندسی معدن و زمین شناسی موضوعی است که به سادگی نمیتوان از کنار عظمت و اهمیت آن گذشت و شایسته است همواره از آن به عنوان یکی از افتخارات بزرگ انجمن صنفی شرکت های مهندسين مشاور یاد نمود. بدیهی است این افتخار بزرگ در وهله نخست مرهون زحمات کسانی است که در دوره های مختلف در سمت ها و نقش های گوناگون، هر یک بخشی از این چرخه حیات را بر دوش کشیده اند. از همین رو بر آن شدیم که با ورق زدن تاریخچه ی ۳۷ ساله این مهندسين مشاور، یاد بزرگانی که طی سال های گذشته با این شرکت همکاری داشته اند، حداقل با ذکر نامشان گرامی بداریم.



مهندس فرزانه رفیعا  
عضو هیئت موسس و مدیر  
عامل اسبق شرکت مهندسين  
مشاور کاوشگران (مقیم امریکا)



دکتر حسین نعمت الهی  
دکتوری کانه آرایبی از دانشگاه  
اورلئان فرانسه  
استاد بازنشسته دانشگاه تهران



مهندس علیرضا شیوانی  
کارشناس ارشد اکتشاف، مدیر  
عامل و رئیس هیئت مدیره اسبق  
مهندسين مشاور کاوشگران



مهندس ابوالقاسم امامی  
نایب رئیس هیئت مدیره اسبق  
مهندسين مشاور کاوشگران



مهندس سیف اله شفاعت دوست  
عضو هیئت موسس شرکت  
مهندسين مشاور کاوشگران



مهندس مهرداد شکوهی رازی  
عضو هیئت موسس کاوشگران  
و رئیس اسبق سازمان نظام  
مهندسی معدن تهران



مهندس محمد حسن نبوی  
زمین شناس ارشد - استاد  
دانشگاه، بازنشسته سازمان زمین  
شناسی و اکتشافات معدنی کشور



دکتر مسیب سبزه ای  
دکتوری زمین شناسی - استاد  
دانشگاه - بازنشسته سازمان زمین  
شناسی و اکتشافات معدنی کشور



مهندس علیرضا باباخانی  
مدیرعامل شرکت پیچاپ کانسار  
بازنشسته سازمان زمین شناسی و  
اکتشافات معدنی کشور



مهندس مهران عظیمی  
کارشناس ارشد مکانیک سنگ  
مدیر ارشد شرکت Ercosplan  
آلمان



مهندس علی حسنعلیزاده  
زمین شناس ارشد - عضو هیئت  
مشاوران El Nino Venture کانادا



دکتر بزار قدرتی  
دکتری استخراج معدن - استاد  
Lulea University of  
technology



مهندس ارژنگ بهروزی  
زمین شناس ارشد - بازنشسته  
سازمان زمین شناسی و اکتشافات  
معدنی کشور



مهندس منصور صمیمی تمین  
زمین شناس ارشد - بازنشسته  
سازمان زمین شناسی و اکتشافات  
معدنی کشور



مهندس مهنا معتضد منجمی  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
مدیرعامل شرکت معیار صنعت  
خاورمیانه



مهندس رنه کاراپتیان  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
(مقیم کانادا)



دکتر مجید نبوی  
دکتری مدیریت تولید  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
(مقیم کانادا)



مهندس بهرام سامانی  
مدیر اسبق سازمان انرژی اتمی



مهندس روانبخش امیری  
دکتری مهندسی معدن از دانشگاه  
Aachen آلمان



مهندس کیوان صمدانی  
کارشناس ارشد طراحی کمپانی  
Datamine (انگلستان)



مهندس مسعود انصافی  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
شرکت Agricorp کانادا



مهندس علی هومن عربشاهی  
کارشناس ارشد زمین شناسی  
اقتصادی - مدیر سابق واحد زمین  
شناسی کاوشگران



دکتر اندیشه علیمراد  
دکتری ژئوفیزیک اکتشافی - عضو  
هیئت علمی دانشگاه بین المللی  
امام خمینی (ره) قزوین



دکتر مصطفی اسدی زاده  
دکتری مکانیک سنگ -  
عضو هیئت علمی دانشگاه  
صنعتی همدان



دکتر مزگان هادی مصباح  
دکتری زمین شناسی - عضو  
هیئت علمی دانشگاه Manchester  
انگلستان



دکتر مائده طیبی  
دکتری فرآوری مواد معدنی  
شرکت Core Resource استرالیا



کاشان شکرگو  
مهدیه شادور

آدرس :

انتهای ستاری شمال، خیابان  
زیتون، نبش چمران، کوچه  
ارغوان یکم، پلاک ۴

تماس با ما

تلفن +۹۸۲۱۴۴۸۰۶۰۷۰

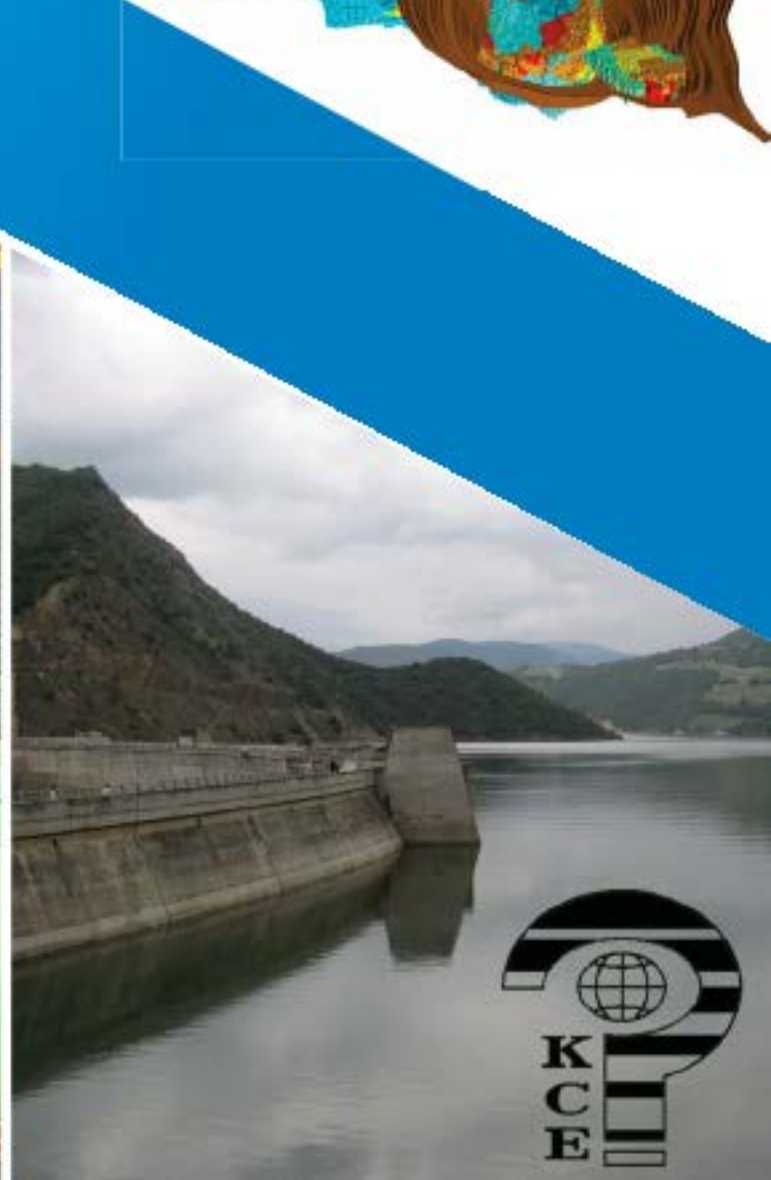
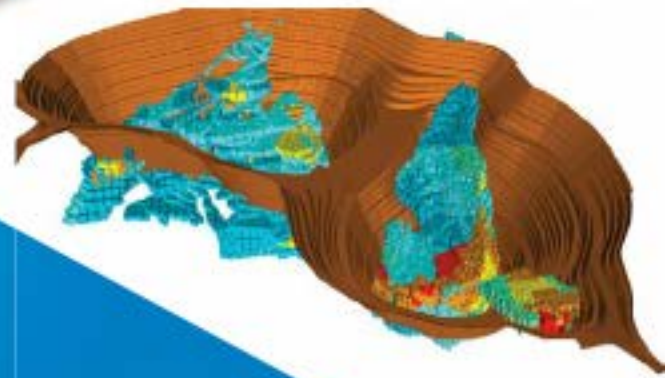
فکس +۹۸۲۱۴۴۸۰۸۱۶۶

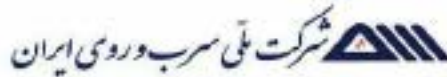
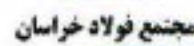
ایمیل [info@kce.ir](mailto:info@kce.ir)

وب سایت [www.kce.ir](http://www.kce.ir)

# کاوش نامه

خبرنامه تخصصی شرکت مهندسی مشاور گاشگران  
شماره یک - زمستان ۱۳۹۹





شرکت مهندسين مشاور کاوشگران  
سهامي خاص - تاسيس ۱۳۶۲

Kavoshgaran Consulting Engineers  
Since 1984

# کاوش نامه

خبرنامه تخصصی شرکت مهندسين مشاور کاوشگران  
شماره ۱- زمستان ۹۹

آنچه در این شماره می خوانید:

- ۲..... سخن مدیرمسئول
- ۳..... سخن سردبیر
- ۶..... تاریخچه کاوشگران
- ۹..... اعضای هیئت مدیره
- ۱۰..... جغرافیای کاوشگران
- ۱۲..... پروژه های برون مرزی
- ۲۰..... بخشی از پروژه های در حال انجام
- ۳۴..... عضویت و صلاحیت ها
- ۳۶..... ضرورت مدیریت مصرف آب
- ۳۸..... نقش تیکنرها
- ۴۰..... معرفی کتب
- ۴۲..... بومی سازی دانش
- ۴۳..... تلفیق نشاتگرهای ژئوفیزیکی
- ۵۵..... معدنکاری عمیق
- ۵۹..... تحلیل اقتصادی
- ۶۱..... گفت و گو
- ۶۲..... انسان و مواد معدنی
- ۶۳..... مفاخر

صاحب امتیاز:

شرکت مهندسين مشاور کاوشگران

مدیر مسئول: محمدرضا اسفندیاری

سر دبیر: سعید قاسم زاده

طراح و ویراستار: الناز قلعه

همکاران این شماره:

زهرا یاقوتی، ملیحه پورملکی، مهشید ساروخانی

فرید رافعی، محمدمهدی رویایی، بابک شیبانی،

سروش معمارزاده، احسان آزاد، حامد امیری،

کامیار حیدرزاده، سامان نقی خانی، مرضیه مینایی

اندیشه علیمرادى، عادلہ شجاعى، عارفه شجاعى

نشانی:

انتهای ستاری شمال - خیابان زیتون - نبش

چمران - کوچه ارغوان یکم - پلاک ۴

تلفن:

۰۲۱-۴۴۸۰۶۰۷۰

فکس:

۰۲۱-۴۴۸۰۸۱۶۶

ایمیل:

[info@kce.ir](mailto:info@kce.ir)

سایت:

[www.kce.ir](http://www.kce.ir)



## پیام مدیر مسئول

دکتر محمدرضا اسفندیاری  
دکتری کسب و کار

باید پذیرفت که نیاز امروزه صنعت کشور، فقط استفاده از تکنولوژی به روز نیست بلکه هوشمندسازی آن برای بهینه کردن در استفاه از منابع و افزایش کیفیت، قیمت رقابتی خواهد بود. در دنیای رقابتی امروزی، با توجه به حجم سرمایه‌گذاری‌های کلان در همه بخش‌های صنایع معدنی و فولادی و نفتی، لزوم هوشمندسازی بسیار ضروری بنظر می‌رسد. رفتار هوشمند در بخش صنایع و پرهیز از فعالیت‌های جزیره‌ای، حلقه مفقوده می‌باشد، ما بدنبال فرهنگ‌سازی و پسترسازی در صنایع مختلف برای بهره‌گیری و استفاده از تکنولوژی روز دنیا به همراه رفتاری هوشمند می‌باشیم. توسعه پایدار و ایمن، در گرو هوشمندسازی در بخش صنعت می‌باشد.





## پیام سردپیر

مهندس سعید قاسم زاده  
کارشناس ارشد اکتشاف معدن

با ظهور انقلاب صنعتی چهارم و هوشمند شدن جوامع به خصوص جامعه مهندسی لازم است در راستای ارتقای داشته‌ها و توانایی‌هایمان بیشتر تلاش کنیم. در این راستا، ارائه نتایج حاصل از انجام پژوهش‌های دانشگاهی و صنعتی می‌تواند محققان، مهندسان و صنعت‌گران در مسیر نیل به اهداف خویش یاری نماید. شرکت مهندسی مشاور کاوشگران به عنوان یک سازمان با قدمت و پویا بر آن است برای ارتقای دانش پژوهشی و صنعتی جامعه مهندسی کشور به خصوص مهندسی معدن و زمین‌شناسان از طریق آماده‌سازی و چاپ نشریه علمی - تخصصی کاوش‌نامه گامی موثری بردارد. خدا را شاکر هستیم که اینک اولین شماره‌ی نشریه کاوش‌نامه آماده و تقدیم می‌گردد. در این شماره ضمن معرفی شرکت مهندسی مشاور کاوشگران و ارائه گزارش جمع از فعالیت‌های انجام شده از بدو تاسیس تا کنون، جدیدترین مطالب در زمینه‌های مختلف تقدیم خواهد شد. بدون شک مجموعه حاضر بدون مساعدت مدیران و کارشناسان محترم شرکت مهندسی مشاور کاوشگران به نتیجه نمی‌رسید. از این رو، بر خود لازم می‌دانم از همکاران عزیزم که در راه اندازی و انتشار نشریه تلاش نمودند قدردانی نمایم.



## تاریخچه کاوشگران



شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، در آذرماه سال ۱۳۶۲ توسط گروهی از دانش آموختگان داخل و خارج کشور و صاحب نظران معدن و زمين شناسی تاسيس گردید. در سال های آغازین تاسيس شرکت (دهه شصت شمسی) واژه مهندس مشاور ایرانی در بين متولیان معدن و صنايع معدنی کشور واژه‌ای غریب و ناآشنا بود و اگر هم در بخشی از صنايع معدنی کشور از خدمات مهندسی مشاور داخلی استفاده می شد حتماً در کنار نیروهای یک یا چند شرکت خارجی بود و بدتر از آن می توان گفت که فرهنگ و باور جامعه معدنی و صنعتی کشور برای استفاده از مهندسين مشاور داخلی شکل نگرفته بود. به هر صورت در چنین شرایط سخت و دشواری شرکت کاوشگران با تشکیل یک ساختار سازمانی مناسب و جذب بهترین متخصصان داخلی و آموزشی کارشناسان و مهندسان جوان کشور و انتقال دانش فنی و تجربه به آنان توانست ضمن جلب رضایت متولیان معدن و صنايع معدنی کشور و کارفرمایان خود در بهترین سطح ممکن، بیش از هفتصد پروژه معدنی و صنعتی را در مقیاس و زمینه های مختلف طراحی، مهندسی مشاوره و نظارت در داخل و خارج کشور به انجام برساند. این شرکت در زمره معدود شرکت هایی است که موفق به اخذ رتبه بندی و مجوز فعالیت در کلیه تخصص های گروه مهندسی معدن و صنايع معدنی در بالاترین سطح ممکن گردیده و دارای پایه ارشد در تخصص معدن است. با توجه به حسن شهرت و سابقه کاوشگران، بسیاری از شرکت ها، سازمان ها و موسسات دولتی و خصوصی گوناگون به عنوان کارفرما همواره با این مجموعه همکاری داشته و دارند. وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنايع معدنی ایران (ایمیدرو)، شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران، شرکت ملی فولاد ایران، شرکت ملی صنايع مس ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، وزارت راه و شهرسازی، وزارت نیرو، ذوب آهن اصفهان، شرکت فولاد مبارکه اصفهان، شرکت مادر تخصصی توسعه معادن و صنايع معدنی خاورمیانه (میدکو)، باتک صنعت و معدن، شرکت های فولادی کشور و... از جمله مهمترین کارفرمایانی هستند که در طول سال های فعالیت شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، با این مجموعه همکاری نمودند. تداوم و استواری این شرکت طی ۳۸ سال بی شک مرهون زحمات و تلاش دسته جمعی همکاران عزیزمان است و بسیار خرسندیم که علی رغم تمامی فراز و نشیب ها طی این چهاردهه، چراغ این شرکت هم چنان روشن است و با اشتیاق منتظر آینده روشن کاوشگران در دهه پنجم حیات خود هستیم.

## زمینه های فعالیت شرکت

سرفصل خدمات تخصصی کاوشگران را می توان به شرح زیر بر شمرد:

- ۱- طراحی و انجام عملیات اکتشافی (پی جویی، مقدماتی، نیمه تفصیلی و تفصیلی)
- ۲- تهیه نقشه های زمین شناسی و تپوگرافی در مقیاس های مختلف
- ۳- مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک (خاک و سنگ)
- ۴- طراحی استخراج معدن (زیرزمینی و روباز)، برنامه ریزی و زمانبندی بهره برداری با بهره گیری از به روزترین نرم افزارهای تخصصی
- ۵- انجام مطالعات کنه آرابی و طراحی خطوط فراوری (مهندسی پایه و تفصیلی)
- ۶- انجام مطالعات فنی و اقتصادی از مقدماتی تا تفصیلی (بانک پذیر) برای پروژه های معدنی و صنایع مرتبط
- ۷- نظارت کارگاهی، نظارت عالی و بازرسی ساخت در پروژه های معدنی و صنایع فراوری و پایین دستی مرتبط
- ۸- انجام خدمات مهندسی پایه و تفصیلی کارخانه های فراوری مواد معدنی و ابنیه و زیرساخت های جنبی
- ۹- ارزیابی ذخایر معدنی یا به روزترین روشهای متداول و نرم افزارهای تخصصی
- ۱۰- مشاوره حقوقی و تهیه اسناد و برگزاری، مناقصات C و EP و EPC و...
- ۱۱- مدیریت جامع MC و کنترل پروژه در تمامی زمینه های تخصصی
- ۱۲- انجام خدمات مهندسی خرید، نصب و راه اندازی پروژه های معدنی و صنایع مرتبط



## سابقہ همکاری با شرکت ها و اشخاص



### شرکت های داخلی:

- \* شرکت آسفالت طوس
- \* شرکت مهندسين مشاور آسه صنعت
- \* شرکت فکور صنعت
- \* بهین سامان سرزمین
- \* شرکت مهندسين مشاور ایتسن
- \* شرکت مهندسين مشاور فرادید
- \* شرکت مهندسين مشاور ناموران
- \* شرکت ساختمانی سپرسنگ
- \* شرکت ساختمانی آرادان
- \* شرکت آریاهنگار
- \* شرکت هزار صنعت

### کارشناسان خارجی

- Mr. Graeme Heyes (CSIRO- Melbom, Australia)
- Mr. John Starkey (Canada)
- Prof. Najdat I. Aziz (University of Wollongong-Australia)
- Mr. Keith W. Dawson (Queensland Australia)

### شرکت های خارجی

- REXROTH-AG (GERMANY)
- RDS GRUPA (SERBIA)
- ALPEX COMPANY (POLAND)
- FL SMIDTH(PTY)LTD. (SOUTH AFRICA)
- STARKEY & ASSOC. (INC.) (ONTARIO CANADA)
- SRK CONSULTING ENGINEERS AND SCIENTISTS(UK)
- MINTEC GROUP (SOUTH AFRICA)
- GUNHAN MACHINERY AND DRILLING (TURKEY)
- INTERNATIONAL PROJECT SOLUTION (AUSTRALIA)
- CITIC INTERNATIONAL COOPERATION CO. (CHINA)
- DEUTSCHE MONTAN TECHNOLOGIE GMBH (GERMANY)
- WARDELLARMSTRONGINTERNATIONAL(ENGLAND)

## اعضای هیئت مدیره

مجید غیائی  
مدیرعامل  
کارشناسی معدن



افشین اعتمادی ال آقا  
رئیس هیئت مدیره  
کارشناسی معدن



فرامرز اسلامبول تساج  
نایب رئیس هیئت مدیره  
کارشناسی زمین شناسی



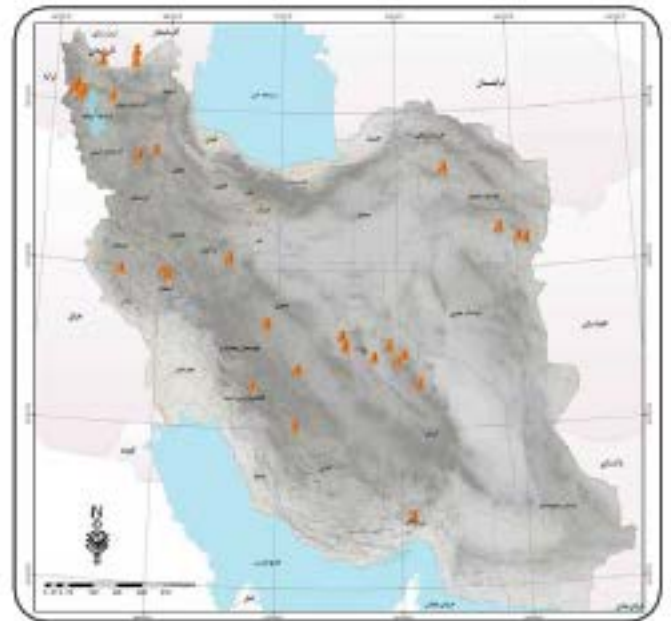
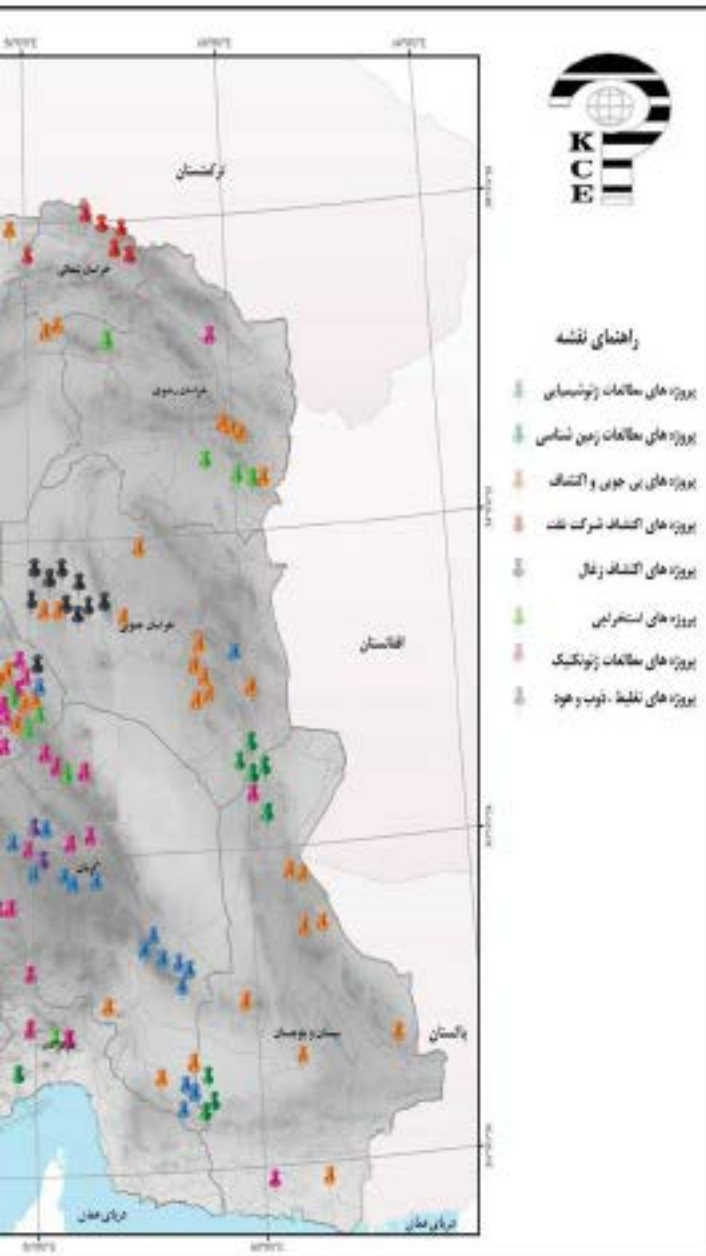
آرمین هورمزدی  
عضو هیئت مدیره  
کارشناسی برق



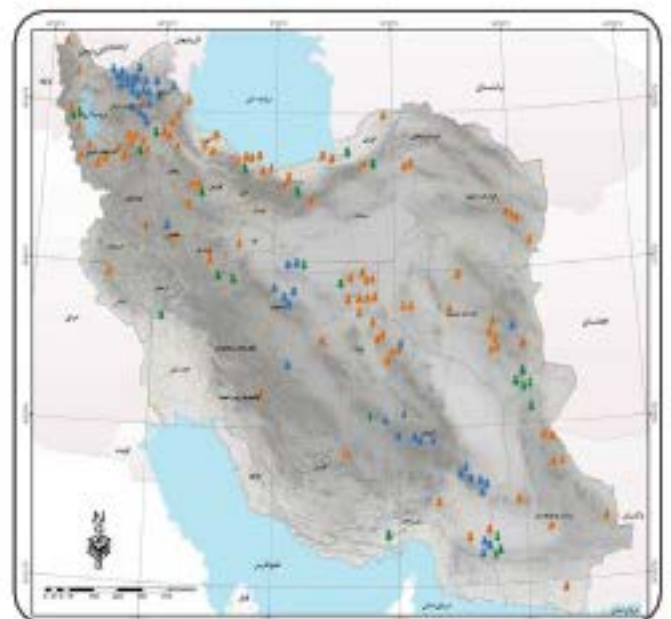
مارال شفاعت دوست  
عضو هیئت مدیره  
کارشناسی ارشد کسب و کار بین الملل



# جغرافیای کاوش

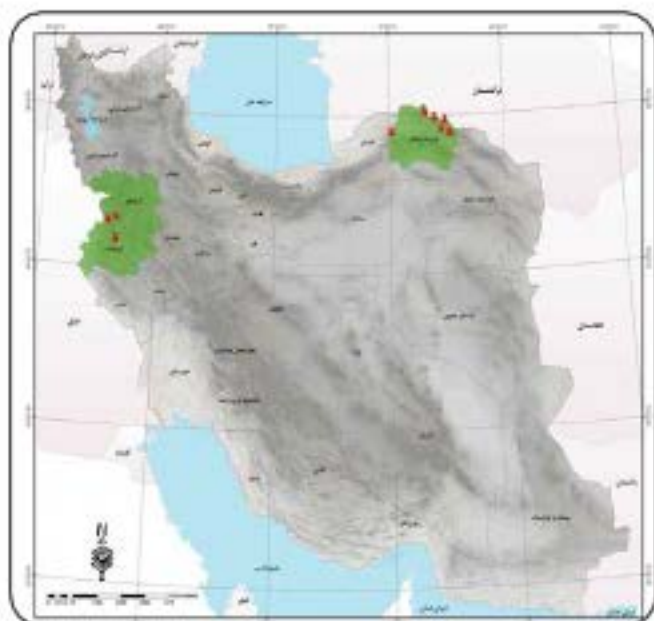


## پروژه های استخراجی

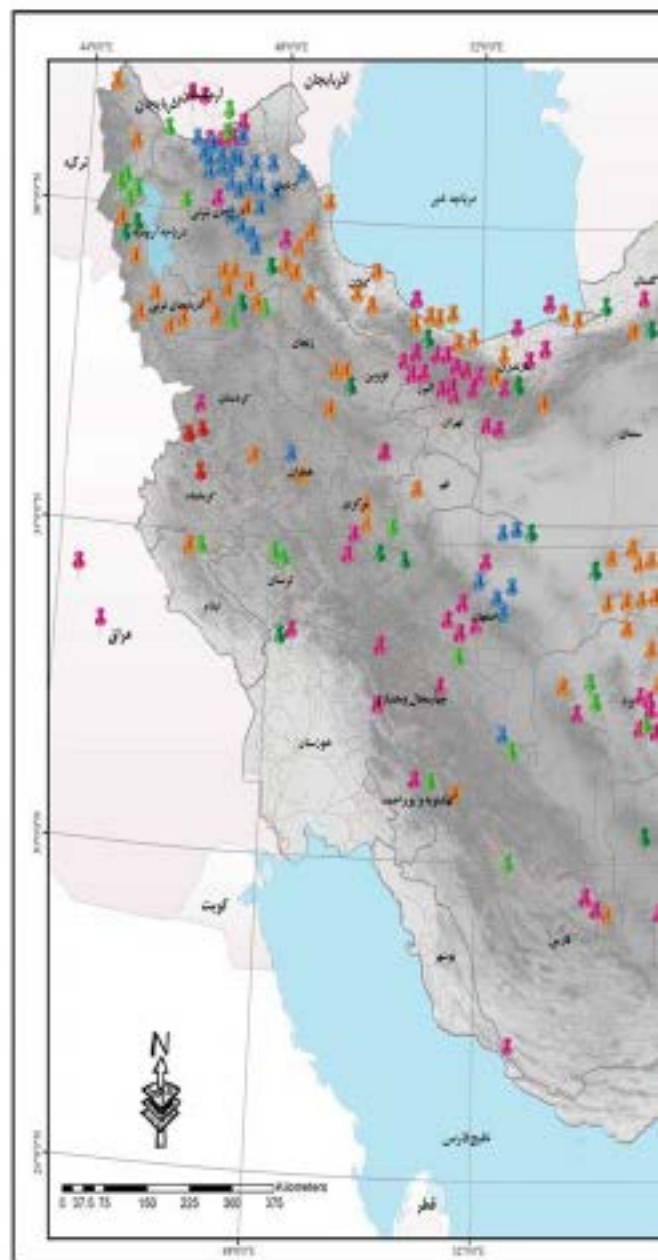


پروژه های مطالعات ژئوشیمیایی، زمین شناسی، پی جویی و اکتشاف

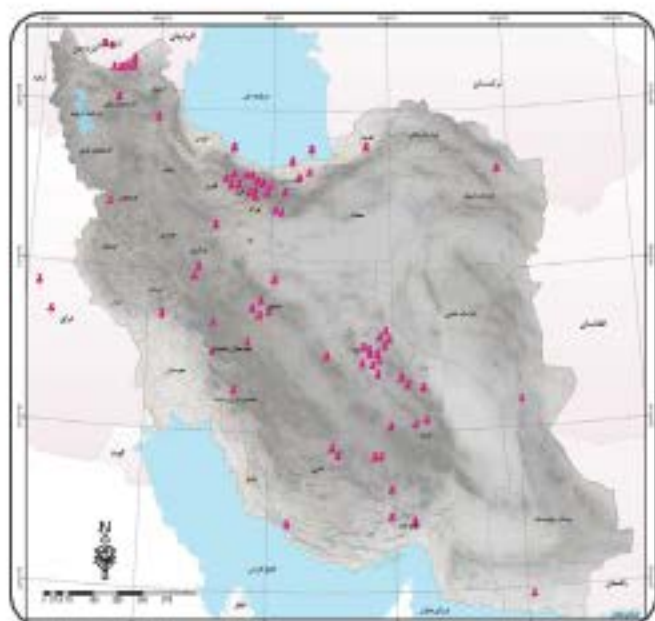
# نگران در ایران



پروژه های اکتشافی شرکت نفت



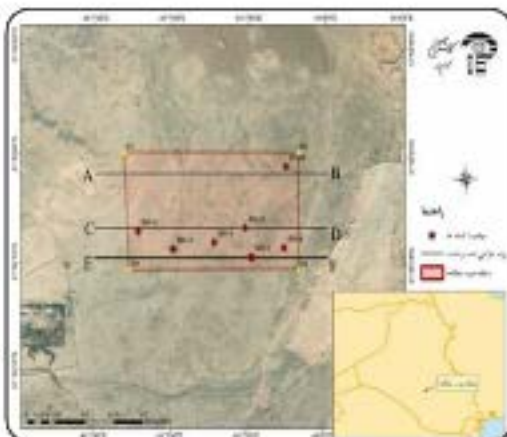
پروژه های مطالعات ژئوتکنیک



## مطالعات ژئوتکنیک ساختگاه کارخانه نورد فولاد کربلا و نجف

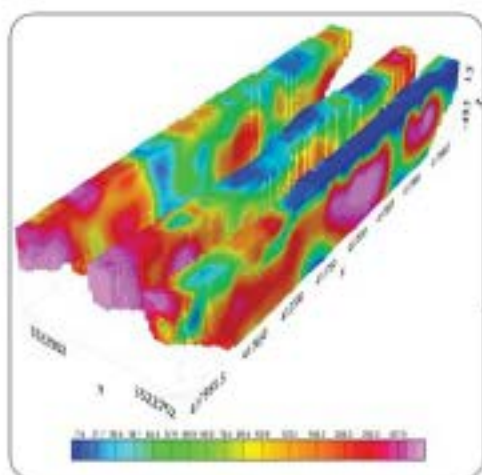
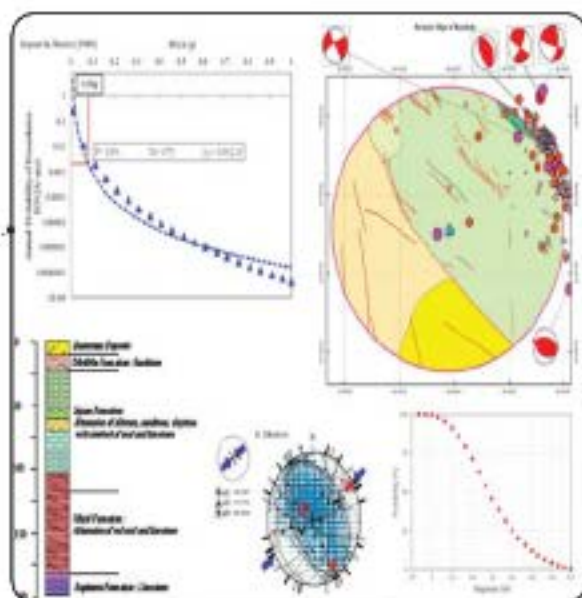
محل ساختگاه کارخانه نورد فولاد کربلا در ۲۰ کیلومتری باختر شهر کربلا و کارخانه نورد فولاد نجف در ۲۵ کیلومتری باختر شهر نجف واقع شده است. شرکت مهندسی مشاور کاوشگران توانست با بهرمندی از بهترین متخصصان فن، علاوه بر ارائه خدمات در بهترین سطح ممکن با بکارگیری تجهیزات و نرم افزارهای به روز و متعارف انجام پروژه‌های بیرون مرزی کربلا و نجف را با موفقیت به انجام برساند. خدمات کلی ارائه شده در این پروژه‌ها شامل مطالعات زمین‌شناسی مهندسی، تحلیل خطر زمین لرزه، مطالعات ژئوفیزیک به روش ژئوالکتریک، انجام حفاری‌های ژئوتکنیکی، انجام آزمایش‌های برجا و آزمایشگاهی، مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی ساختگاه می‌باشد.

## پروژه های بیرون مرزی



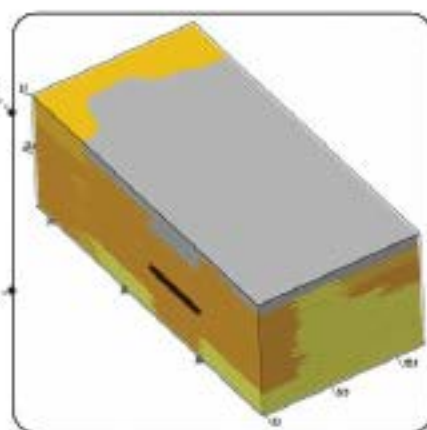
محل پروفیل‌های برداشت داده به  
همراه محل گمانه‌های حفر شده  
در سایت نجف



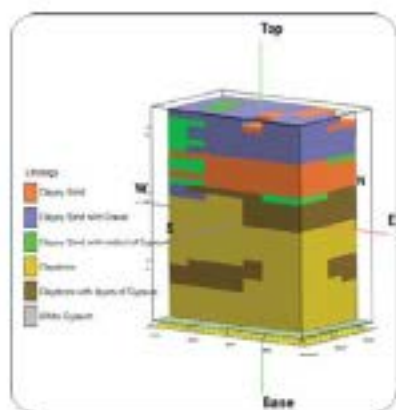


مطالعات تحلیل خطر زمین لرزه

نمایش سه بعدی پروفیل های پتانسیل الکتریکی در سایت نجف



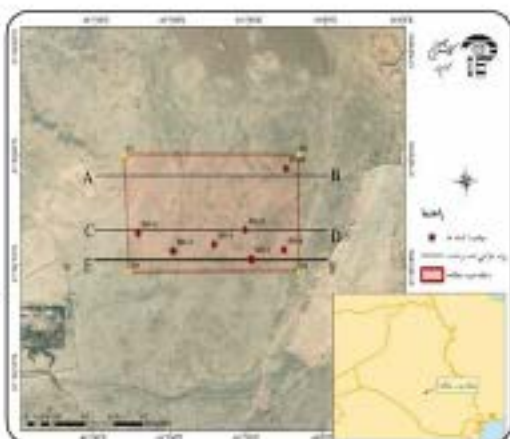
مدل بدست آمده با استفاده از اطلاعات گمانه های حفر شده و مقاطع



مدل سه بعدی وضعیت تحت الرضی ساختگاه کارخانه نورد فولاد کربلا در مقیاس عمودی اغراق شده است

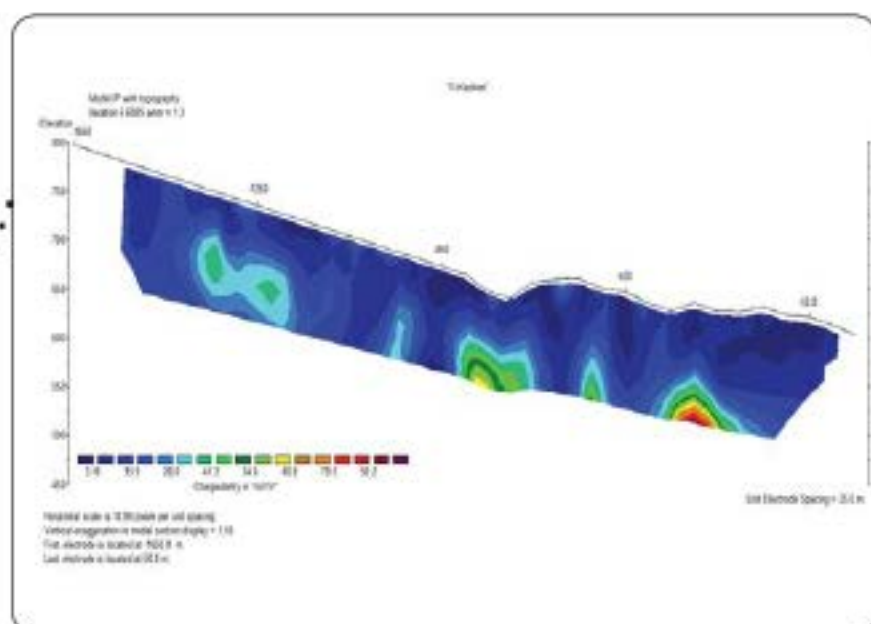
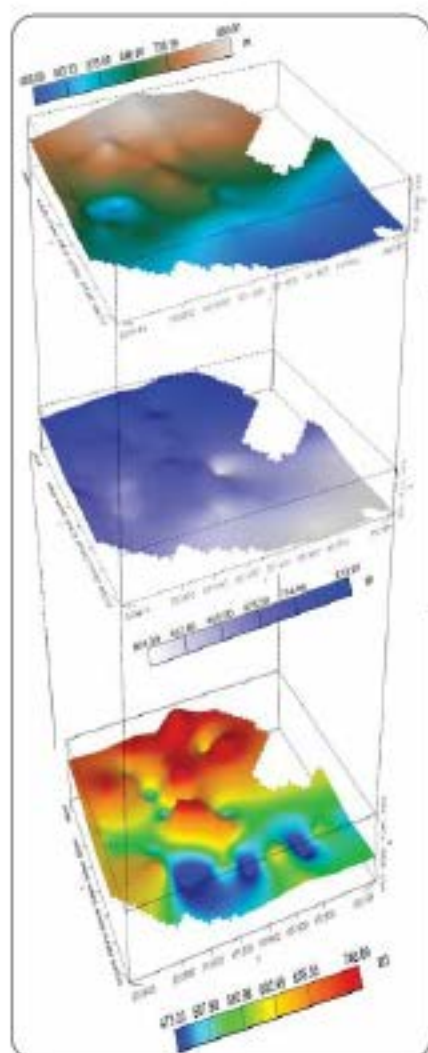
## مطالعات پایداری طرح استخراج معدن کاشن - فاز ۲

مطالعات تحلیل پایداری شیب و هیدروژئولوژی در معدن کاشن به عنوان یک پروژه‌ی بیرون مرزی موفق در سال ۱۳۹۴ توسط مهندسين مشاور کاوشگران انجام شده است. معدن کاشن از نوع مس مولیبدن پورفیری بوده که در منطقه‌ی قزیه باغ و هم مرز با کشور آذربایجان واقع شده است. در این معدن در مدت بیش از ۵ سال انجام شد. در راستای این پروژه مهندسين شرکت کاوشگران به طور مرتب معدن را مورد بازدید قرار داده و ضمن آموزش پرسنل مقیم معدن، گزارش‌های پایداری شیب و به تبع آن طراحی معدن را به روز می‌کردند.

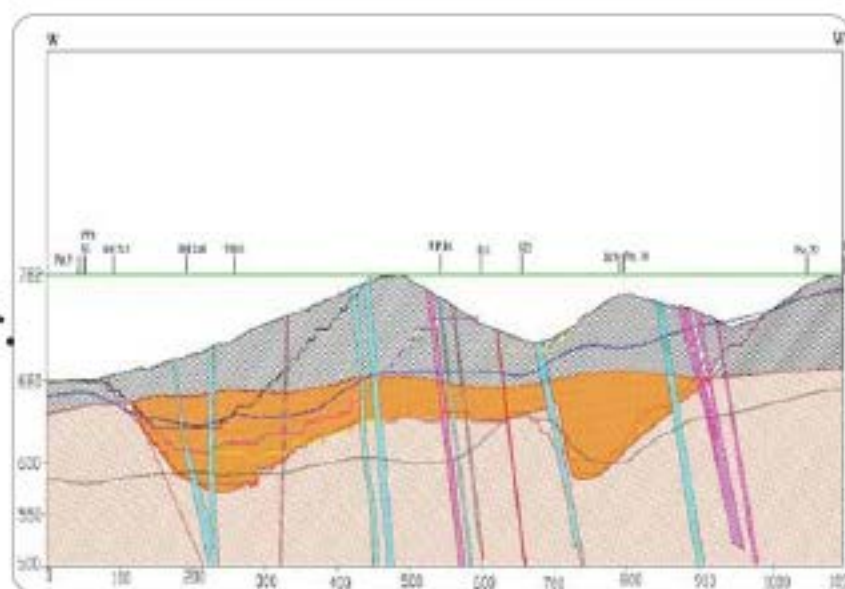


محل پروفیل‌های برداشت داده به  
همراه محل گمانه‌های حفر شده  
در سایت نجف





پروفیل ژئوفیزیک برای بررسی سطح آب زیرزمینی

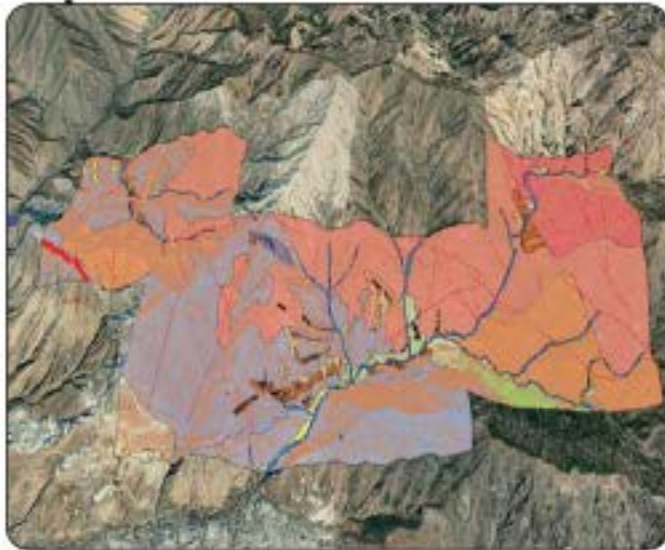


نقشه ی سه بعدی سطح سفره پرآساس  
داده های ژئوفیزیک

مقطع مدل سازی هیدروژئولوژیک

## اکتشافات مواد معدنی با اولویت طلا و عناصر پلی متال در میدان خرانگان در ورزآب کشور تاجیکستان

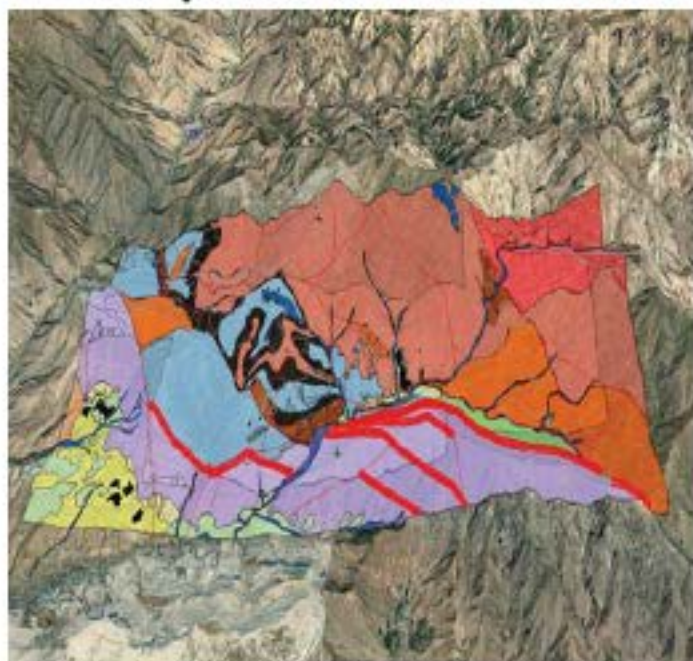
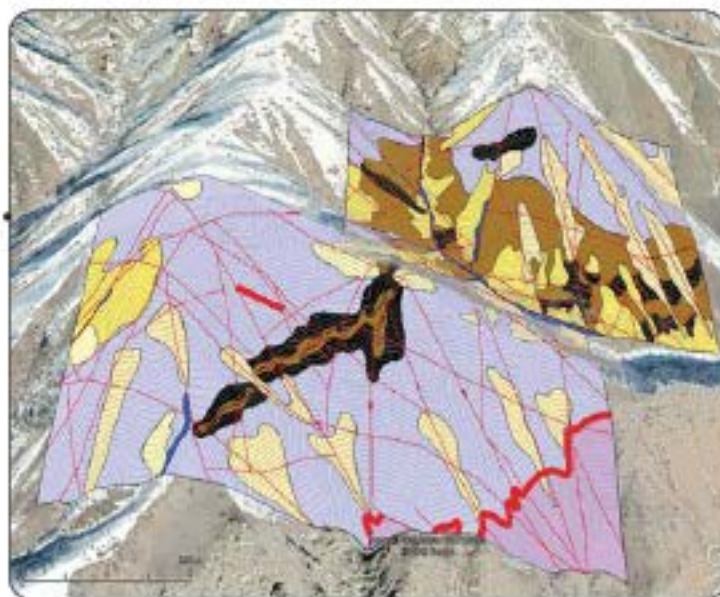
پروژه تاجیکستان یکی از پروژه های برون مرزی این مهندسین مشاور بوده که در قالب بازوی اجرایی و مشاور فنی- مهندسی شرکت افق توسعه معادن خاورمیانه به اجرای فعالیت های اکتشافی پرداخته است. پروژه مذکور بخشی از توافق نامه شرکت های ایرانی و سازمان زمین شناسی تاجیکستان بوده که در کنار مشاورین خارجی دیگری از کشورهای آلمان، آمریکا و استرالیا با این سازمان همکاری داشته است



تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ با وسعت ۴۲ کیلومتر مربع

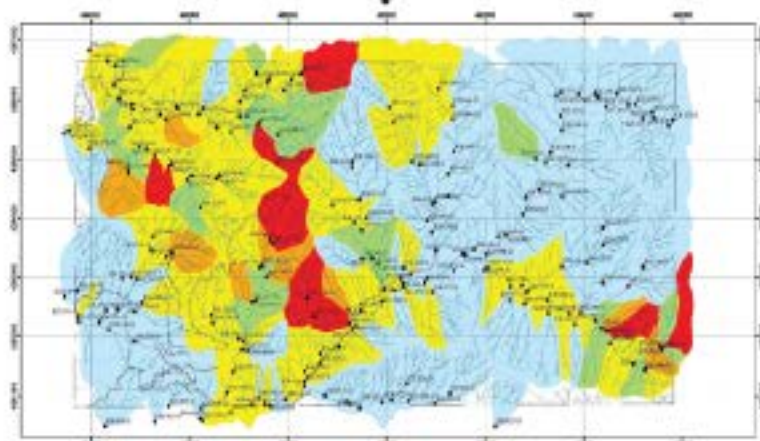


تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰,۰۰۰  
با وسعت ۴/۲ کیلومتر مربع



تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس  
۱:۲۰,۰۰۰ با وسعت ۷۰ کیلومتر مربع

انجام عملیات ژئوشیمیایی از رسوبات آبراهه ای  
و کانی سنگین با مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰



## مطالعات تحلیل پایداری شیب معدن تقوت

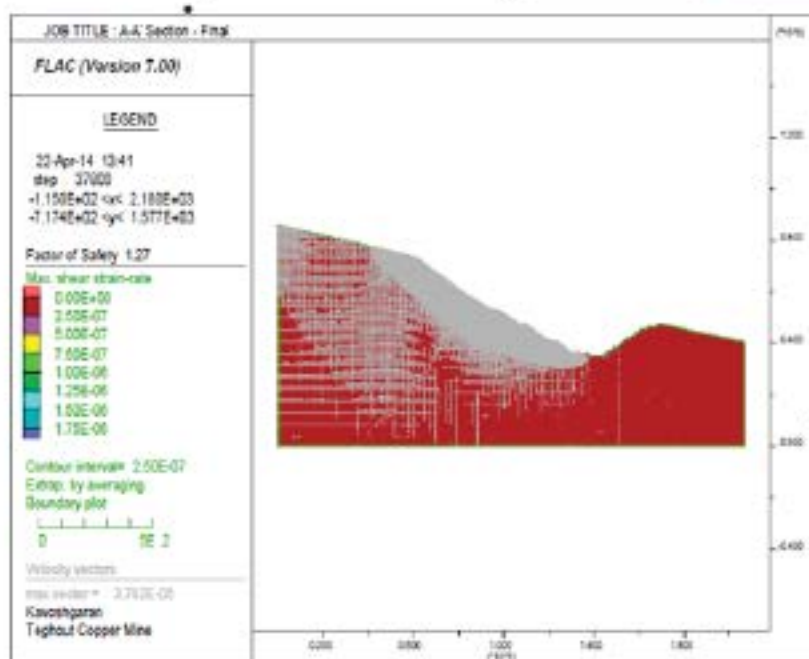
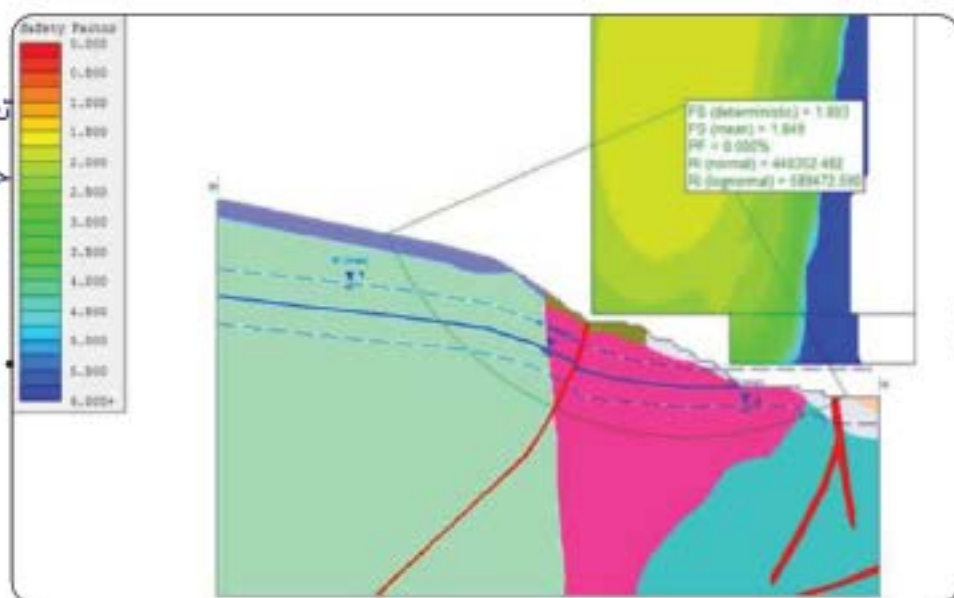
معدن تقوت به عنوان یک معدن نوع مس پورفیبری در شمال جمهوری ارمنستان و در مرز گرجستان واقع می‌باشد. در سال ۱۳۹۶، با هدف کنترل و مدیریت آب نفوذی به معدن، مطالعات تحلیل پایداری شیب و هیدروژئولوژی توسط کارشناسان شرکت مهندسی مشاور کاوشگران در این معدن انجام شد. آزمایشگاه مطالعات هیدروژئولوژی دانشگاه تهران به عنوان شریک کاری شرکت مهندسی مشاور کاوشگران در این پروژه بود. مطالعات انجام گرفته در این منطقه در قالب عملیات صحرایی (ژئوفیزیک، هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی) در محدوده معدن و در قالب مطالعات دفتری انجام گرفت.



نقشه زمین شناسی ساختاری

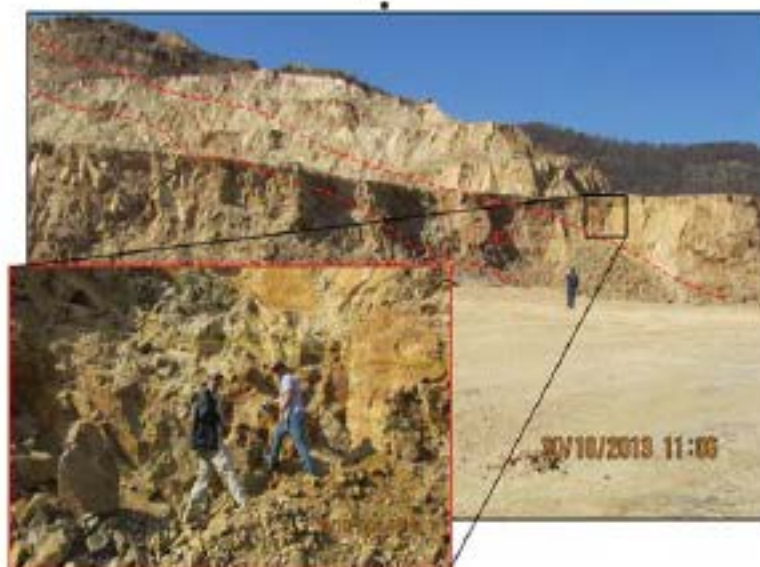


تحلیل پایداری به روش تعادل  
حدی با استفاده از نرم افزار  
اسلاید



تحلیل پایداری به روش عددی تفاضل  
محدود با استفاده از نرم افزار  
Flac

برداشت درزه ها و ناپیوستگی ها به روش  
Scan line



## بخشی از پروژه های در حال اجرا

شناسایی و پی‌جویی ماده معدنی در محدوده‌های دارای پروانه اکتشاف و گواهی کشف و نظارت بر حفاری در محدوده‌های معدنی طلای هیرد و طلای خونیک به منظور شناخت کیفی و کمی کانسار به جهت ارزیابی ذخیره و معرفی برای طراحی معدن از مهمترین خدماتی می‌باشد که شرکت مهندسی مشاور کاوشگران در راستای این پروژه انجام می‌دهد.

**انجام خدمات و عملیات پی‌جویی، شناسایی، اکتشاف عمومی و تفصیلی در سطح استان خراسان جنوبی - ۱۱ محدوده اکتشافی**

شروع پروژه: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶

کارفرما: شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران

پایان پروژه: ۱۴۰۱/۱۲/۲۶



پیشرفت زمانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



کانی سازی مس در محدوده جنوب شرقی قلعه زری



کانی سازی سولفور در گمانه MS - ۲۷

هدف از اجرای این پروژه، شناسایی منطقه پیتانسیل برای انجام مطالعات تفصیلی می‌باشد. انجام عملیات ژئوشیمی آبراهه‌ای، تهیه نقشه زمین‌شناسی، انجام مطالعات لیتوژئوشیمی و در صورت نیاز ژئوفیزیک (برعهده کارفرما با نظارت مشاور)، تعیین نواحی معدنی و ارائه گزارش جهت اخذ گواهی کشف و در نهایت ایجاد پایگاه داده با استاندارد کارفرما از مهمترین فعالیت‌هایی می‌باشد که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انجام داده و خواهد داد.

**مطالعات پی جویی  
در محدوده های  
امید بخش بلوک  
۱ حاصل از پهنه  
فردوس - قائن،  
استان خراسان  
جنوبی**

**شروع پروژه:** ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

**پایان پروژه:** ۱۴۰۰/۰۴/۰۴

**کارفرما:** طرح توانمندی سازی  
اکتشاف ایمیدرو



پیشرفت زمانی



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



رگه سیلیسی حلوی کانی سازی



آثار کانی سازی کربناته مس در  
محدوده تهیه نقشه ۱:۲۵۰۰۰

هدف از اجرای این پروژه، شناسایی منطقه پرتانسیل برای انجام مطالعات تفصیلی می باشد. انجام عملیات ژئوشیمی آبراهه ای، تهیه نقشه زمین شناسی، انجام مطالعات لیتوژئوشیمی و در صورت نیاز ژئوفیزیک (برعهده کارفرما با نظارت مشاور)، تعیین نواحی معدنی و ارائه گزارش جهت اخذ گواهی کشف و در نهایت ایجاد پایگاه داده با استاندارد کارفرما از مهمترین فعالیت‌هایی می باشد که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انجام داده و خواهد داد.

**مطالعات پی جویی  
در بلوک ۲ محدوده  
های امید بخش حاصل  
از پهنه فردوس -  
قائن، استان خراسان  
جنوبی**

**شروع پروژه:** ۱۳۹۷/۰۴/۰۴

**پایان پروژه:** ۱۴۰۰/۰۴/۰۴

**کارفرما:** طرح توانمندی سازی  
اکتشاف ایمیدرو

۷۰.۸٪

پیشرفت زمانی

۸۳٪

کارشناسان فوق لیسانس

۱۷٪

کارشناسان دکتری



آثار حفریات شدادی بر روی سنگ  
میزبان سرب، روی و طلا در محدوده  
چوپان



آثار کانی سازی سرب و روی در واحد شیل  
، ماسه سنگی ژوراسیک (معادل سازند  
شمشک) در محدوده کلاوگی

در راستای این پروژه، شرکت مهندسين مشاور کاوشگران خدمات نظارت کارگاهی بر عملیات بهره برداری از معادن سنگ آهن میشدوان و چاه گز، که متعلق به سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران می باشد، بر عهده دارد.

## انجام خدمات نظارت کارگاهی بر عملیات بهره برداری از معادن سنگ آهن میشدوان و چاه گز

شروع پروژه: ۱۳۹۶/۱۰/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

کارفرما: سازمان توسعه و  
نوسازی معادن و صنایع  
معدنی ایران



پیشرفت زمانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق  
لیسانس



کارشناسان دکتری



شرکت مهندسين مشاور کوششگران، با ارائه خدمات زيـدر معادن اصلي چغارت و سه چاهون و معادن فرعي متعلق به شرکت سنگ آهن مرکزی ايران آن شرکت را ياری می کند: ادامه مطالعات پایداری معدن چغارت - ارزیابی ذخیره و تهیه مدل بلوکی معدن چغارت - طراحی تفصیلی و برنامه ریزی بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت - همکاری با گروه دفتر طراحی در تهیه نقشه زمین شناسی ماهانه - اصلاح مدل بلوکی معادن بر اساس نتایج چالهای آتشیاری جهت برنامه ریزی کوتاه مدت - ادامه نظارت بر حفر گمانه های اکتشافی تکمیلی معدن چغارت - ارائه خدمات مهندسی بر حسب نیاز

## انجام خدمات مهندسی معدن فلات مرکزی

شروع پروژه: ۱۳۸۹/۰۶/۰۴

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

کارفرما: شرکت سنگ آهن  
مرکزی ايران

٪۹۲،۴

پیشرفت زمانی

٪۶۷

کارشناسان لیسانس

٪۷۲

کارشناسان فوق لیسانس

٪۶۶

کارشناسان دکتری



از مهمترین خدمات مهندسی، نظارت عالییه و کارگاهی که مهندسین مشاور کوششگران در راستای بهره برداری از معدن سنگ آهن آنومالی شمالی ارائه می‌دهد به صورت زیر می‌باشد: تهیه جدول ماهانه باطله برداری و استخراج ماده معدنی، تهیه برنامه زمانبندی عملیات اجرایی باطله برداری و استخراج ماده معدنی، تشکیل جلسات توجیهی برای تعیین ابعاد مختلف پروژه، بررسی برنامه زمانی تفصیلی پیمانکار و تطبیق با برنامه ریزی استخراج در بازه های زمانی ۳ ماهه، پشتیبانی نظارت کارگاهی در جهت راهبری پیمانکاران در حل مسائل فنی و اجرایی، بررسی گزارش کنترل پروژه ماهانه پیمانکار و ارائه گزارش کنترل پروژه نهایی و ...

**خدمات مهندسی،  
نظارت عالییه و  
کارگاهی بهره  
برداری  
معدن سنگ آهن  
آنومالی شمالی و  
میشدوان**

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۰۶/۰۱

کارفرما: شرکت صنایع معدنی  
نوظهور کویر بافق

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱



پیشرفت زمانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق  
لیسانس



کارشناسان دکتری



در راستای این پروژه شرکت مهندسين مشاور کاوشگران در انجام مطالعات مهندسی در مقیاس مقدماتی و تفصیلی شرکت معادن اسفندقه را یاری می‌نماید. علاوه بر این، نظارت و بررسی مسائل مربوط به اکتشاف، استخراج، و فرآوری مواد معدنی (کرومیت، منگنز، منیزیت، ورمیکولیت، و سایر مواد معدنی موجود در منطقه) یکی دیگر از خدمات این شرکت مشاور می‌باشد.

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۷/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۷/۰۱

کارفرما: شرکت معادن اسفندقه

**انجام مطالعات مهندسی،  
اجرایی و نظارت بر  
کارهای اکتشافی، استخراج  
و فرآوری ماده معدنی در  
معادن روباز و زیرزمینی  
برای سنگ های معدنی  
کرومیت**

۱۵۴.۲

پیشرفت زمانی

۲۳

کارشناسان لیسانس

۶۹

کارشناسان فوق  
لیسانس

۸

کارشناسان دکتری



هدف از اجرای این پروژه را می‌توان در قالب موارد زیر بیان کرد:  
 (۱) احداث واحد دیواترینگ به منظور استحصال آب از باطله کنسانتره و بازگشت مجدد آن فرآیند تولید (۲) احداث واحد کاهش رطوبت (درایر) به منظور افزایش کمیت و کیفیت گندله از طریق کاهش کنسانتره ورودی به کارخانه. در راستای نیل به این هدف، نظارت عالی و کارگاهی بر عهده‌ی شرکت مهندسی مشاور کاوشگران می‌باشد.

**نظارت عالی و  
 کارگاهی در رابطه با  
 نیازمندی‌های کارخانه  
 استحصال آب از باطله  
 کنسانتره سنگ آهن  
 شرکت فولاد زرند  
 ایرانیان**

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۹/۰۴

کارفرما: شرکت فولاد زرند ایرانیان

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰



پیشرفت زمانی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



با توجه به گذشت بیش از ۴۰ سال از ساخت مجتمع مس سرچشمه، به منظور افزایش راندمان واحدهای تغلیظ فعال در مجتمع مس سرچشمه، نوسازی واحدهایی قدیمی این واحدها به منظور تامین کنسانتره مس با میزان و عیار مورد نیاز واحد ذوب، ضروری می باشد. از این رو شرکت مهندسين مشاور کاوشگران، به عنوان مشاور کارفرما، در انجام طراحی پایه، تهیه شرح خدمات، ارزیابی فنی پیمانکاران و سپس انجام خدمات مشاوره در خصوص مدارک طراحی پایه و تفصیلی، مهندسی کارگاهی، نظارت بر تدارکات و تهیه مواد و تجهیزات داخلی و خارجی، و انجام خدمات نظارت کارگاهی در خصوص ساخت، نصب و راه اندازی تجهیزات، آزمایشات عملکردی، آموزش پرسنل کارفرما و تامین قطعات یدکی برای دو سال بهره برداری در خدمت کارفرمای می باشد. در حال حاضر این شرکت در ۵ پروژه فعال و در حدود ۲۰ پروژه تعریف شده جدید در این طرح به عنوان مشاور مشغول به فعالیت می باشد

**انجام خدمات  
فنی و مهندسی،  
مشاوره، نظارت  
عالیه، نظارت  
کارگاهی، بازرسی  
فنی پروژه های  
توسعه و بازسازی  
تغلیظ مجتمع مس  
سرچشمه**

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۰۳/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

کارفرما: شرکت ملی صنایع  
مس ایران

٪۱۶,۷

پیشرفت زمانی

٪۲۵

کارشناسان عمومی

٪۱۹

کارشناسان کاردانی

٪۵۰

کارشناسان لیسانس

٪۹

کارشناسان فوق لیسانس



با توجه به راه اندازی پروژه تغییر تکنولوژی ذوب از کوره ریورب به کوره Flash در سال ۹۷، اضافه نمودن واحدی جدید و همچنین نوسازی واحدهایی قدیمی این مجتمع به منظور تامین پیش نیازهای واحد ذوب جدید، ضروری می باشد. لذا این شرکت به عنوان مشاور کارفرما، در انجام طراحی پایه، تهیه شرح خدمات، ارزیابی فنی پیمانکاران و سپس انجام خدمات مشاوره در خصوص مدارک طراحی پایه و تفصیلی، مهندسی کارگاهی، نظارت بر تدارکات و تهیه مواد و تجهیزات داخلی و خارجی، و انجام خدمات نظارت کارگاهی در خصوص ساخت، نصب و راه اندازی تجهیزات، آزمایشات عملکردی، آموزش پرسنل کارفرما و تامین قطعات یدکی برای دو سال بهره برداری در خدمت کارفرمای محترم بوده و در حال حاضر در ۲۲ پروژه فعال در طرح توسعه مجتمع مس سرچشمه به عنوان مشاور مشغول به فعالیت می باشد. از پیمانکاران فعال این طرح نیز می توان به شرکت های آذراب، نپیک، پتروتکسان، ایران تابلو، پارس جهد و ... اشاره نمود.

**ارائه خدمات مشاوره، کنترل مهندسی، نظارت عالی و نظارت کارگاهی مربوط به پروژه های طرح توسعه مجتمع مس سرچشمه**

شروع پروژه: ۱۳۹۰/۰۳/۳۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

کارفرما: شرکت ملی صنایع مس ایران



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



هدف از اجرای این پروژه پروژه، احداث فاز دوم کارخانه طلای زرشوران و زیرساخت های مرتبط با آن شامل گازرسانی، انبار ناریه، احداث سد باطله، محوطه سازی و احداث راه، مطالعات ژئوتکنیک و غیره می باشد. به منظور نیل به این هدف، مهندسين مشاور کوشگران خدمات مشاوره و نظارت کارگاهی را ارائه می دهد.

**خدمات مشاوره و نظارت بر عملیات احداث فاز دوم کارخانه استحصال طلای زرشوران و پروژه های زیر ساخت مرتبط**

شروع پروژه: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

کارفرما: شرکت گسترش معادن و صنایع معدنی طلای زرشوران



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



## نظارت بر اکتشاف و استخراج معادن مس نارباغی

مجموعه معادن و کارخانه زاگرس مس سازان در استان مرکزی، ۲۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان ساوه و در نزدیکی شهر صنعتی کاوه واقع شده است. معادن مس نارباغی شامل معدن شمالی با وسعت تقریبی ۱۰ کیلومترمربع، معدن مرکزی با وسعت تقریبی یک کیلومترمربع و معدن شرقی با وسعت تقریبی ۲۰ کیلومترمربع به عنوان ذخیره‌ای برای تلمیت خوراک کارخانه می‌باشد. در این کارخانه استحصال مس به روش هیپ لیچینگ - استخراج حلالی - الکترووینینگ انجام می‌شود. در این راستا، نظارت بر عملیات اکتشافی و استخراجی بر عهده‌ی مهندسين مشاور کوشگران می‌باشد.

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۱۱/۰۱

کارفرما: شرکت زاگرس مس سازان

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۱/۰۱



پیشرفت زمانی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



پروژه کنسانتره ۵ میلیون تنی شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان با سرمایه گذاری شرکت فولاد مبارکه از تاریخ ۲۸/۱۱/۹۲ پس از عقد قرارداد با مشارکت MMGN با هدف تولید ۵ میلیون تن کنسانتره با عیار ۶۸ درصد آغاز شده و در حال حاضر با پیشرفت فیزیکی ۹۵٫۷۸ درصد در مرحله تولید آزمایشی و آماده شدن برای تست تضمین عملکرد می باشد. مشاور و دستگاه نظارت کارفرما در ابتدای پروژه شرکت کاتی کاوان شرق بوده و در شهریور ماه ۹۵ با پیشرفت فیزیکی حدود ۳۴ درصد به شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انتقال داده شد. بخش های سنگ شکن، خط انتقال محصول خردایش، محل دپوی سنگ معدن خردایش یافته، پرعیارسازی، آبیگری کنسانتره و باطله و محل دپوی کنسانتره آبیگری شده از مهم ترین واحدهای این کارخانه می باشد. شایان ذکر است کنسانتره آبیگری شده به عنوان محصول نهایی به کارخانه گندله سازی انتقال داده می شود.

**ارائه خدمات مشاوره ای، نظارت عالی و کارگاهی و ستادی، کنترل پروژه و بازرسی کارخانه کنسانتره به ظرفیت ۵ میلیون تن سنگان**

شروع پروژه: ۱۳۹۵/۰۷/۰۱

کارفرما: شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان

پایان پروژه: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



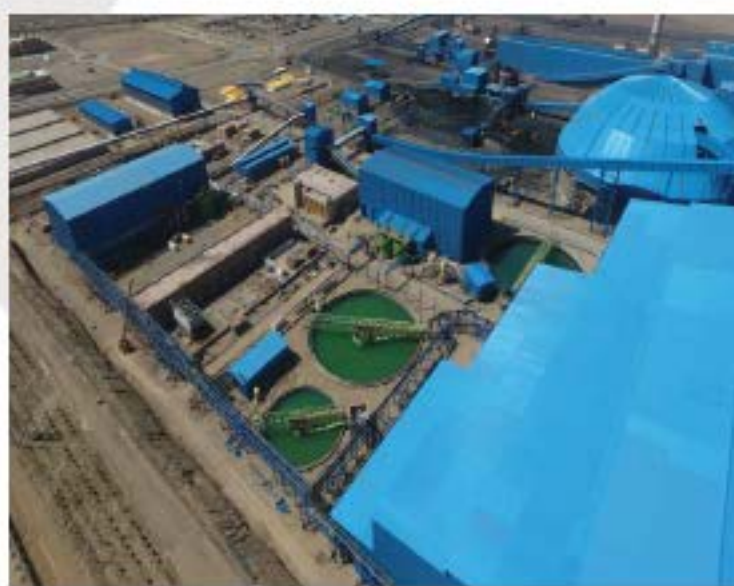
کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



کارشناسان دکتری



هدف اصلی از اجرای پروژه حاضر، احداث دو کارخانه‌ی تولید کنسانتره و گندله با ظرفیت ۵ میلیون تن در سال می‌باشد. در این راستا، شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان خراسان تأمین زیرساخت‌های لازم: احداث ساختمان و تاسیسات مورد نیاز، در محدوده مورد پروژه در دستور کار خود قرار داده است.

**ارائه خدمات مهندسی،  
نیازسنجی، طراحی، تهیه  
اسناد مناقصه، کنترل پروژه  
نظارت عالی و نظارت  
کارگاهی بر پروژه‌های  
زیرساخت در مجتمع  
کنسانتره و گندله سازی  
سنگان**

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۷/۰۱

پایان پروژه: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹

کارفرما: شرکت صنایع معدنی  
فولاد سنگان



پیشرفت زمانی



کارشناسان عمومی



کارشناسان کاردانی



کارشناسان لیسانس



کارشناسان فوق لیسانس



# عضویت، صلاحیت و پاره ای از تشویق نامه



تشمین همایش ایمنی، بهداشت  
و محیط زیست در معادن و صنایع  
معدنی



شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک  
ایران



حضور در اولین کنگره جهانی مس

**کمیته صلاحیت خدمات مشاوره**

معاونت امور معدنی  
دفتر امور معادن غیر فلزی  
تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۳۳، طبقه ۳، واحد ۳۰۳

تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۰۰۰۰۰  
فکس: ۰۲۱-۸۸۰۰۰۰۰۰  
وبسایت: [www.madani.gov.ir](http://www.madani.gov.ir)

**کمیته صلاحیت امین مشاوران**

معاونت امور معدنی  
دفتر امور معادن غیر فلزی  
تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۳۳، طبقه ۳، واحد ۳۰۳

تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۰۰۰۰۰  
فکس: ۰۲۱-۸۸۰۰۰۰۰۰  
وبسایت: [www.madani.gov.ir](http://www.madani.gov.ir)

گواهینامه صلاحیت خدمات مشاوره

تخصص زمین شناسی پایه ۱

تخصص پی جویی و اکتشاف معدن پایه ۱

تخصص کانه آرایی و فراوری مواد پایه ۱

تخصص آماده سازی و بهره برداری معدن پایه ۱

تخصص ژئوتکنیک پایه ۲

تخصص صنایع کانی های غیرفلزی پایه ۳

تخصص تاسیسات برق و مکانیک پایه ۳

تخصص صنایع فلزات اساسی (نورد، ذوب و ریخته گری) و ماشین پایه ۳

ISO



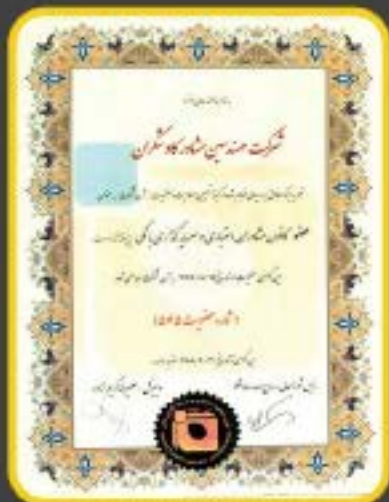
تهیه نقشه زمین شناسی که  
به عنوان نقشه زمین شناسی  
مهندسی برتر معرفی شد



تقدیر شرکت مس جهت تهیه  
گزارش فنی - اقتصادی در پروژه  
مس تفت



ارتقا دانش فنی صنعت آب کشور



- \* عضو انجمن ژئوتکنیک ایران
- \* عضو جامعه مهندسان مشاور کشور
- \* عضو نظام مهندسی معدن
- \* عضو کانون مشاوران اعتباری و سرمایه گذاری بانکی
- \* عضو کانون مهندسين فارغ التحصيل دانشکده فنی تهران
- \* عضو انجمن صنفی کارفرمایی
- \* عضو خله معدن
- \* عضو انجمن تودل ایران
- \* عضو انجمن سرمایهک

## ضرورت مدیریت مصرف آب در صنایع معدنی

فرید رافعی

دکتری فراوری مواد معدنی



به عنوان یکی از عناصر چهارگانه بنیادین، آب مایه حیات و ضامن بقای جانداران ساکن سیاره ماست. علاوه بر مقدار آب مصرفی مستقیم برای آشامیدن، نظافت و ... تقریباً تمام صنایع و تولید هرگونه محصولی نیازمند آب است. با این تفسیر، اهمیت آب در کشور ما که بخش اعظم آن بیابانی و دچار کم‌آبی است، دوچندان و بسا بیشتر احساس می‌شود. یکی از صنایعی که مصرف آب در آن ضروری و دارای مقادیر زیاد است، صنایع بالادست فراوری مواد معدنی و از جمله تولید کنسالت‌های مواد معدنی است. به طوری که به ازای تولید هر واحد محصول این صنایع، بیش از یک واحد آب مصرف می‌شود. اهمیت این مسئله زمانی بیشتر قابل درک خواهد بود که توجه گردد عمده‌ی اندیس‌های معدنی در حال بهره‌برداری و کارخانه‌های فراوری که طبعاً در مجاورت آنها هستند، در مناطق کویری و کم‌آب‌تر کشور متمرکز شده‌اند. بنابراین، لزوم مدیریت مصرف آب و بازیافت حداکثری آن و استفاده مجدد در چرخه تولید، ضروری و حیاتی می‌نماید. کارخانه‌های کنسالت‌های که در دهه‌های اخیر احداث و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، اساساً برای تولید محصولی قابل فروش به اقتضای نیاز صنایع پایین دست خود، اقدام به احداث واحدهای آبیگری محصول نموده‌اند و باطله‌های تولیدی خود را پس از آبیگری اولیه، در سدهای باطله تر انباشت نموده‌اند. در چند سال اخیر، با بحرانی‌تر شدن مسئله کم‌آبی در کشور و الزامات محیط زیستی برای مدیریت مصرف آب و بازیافت آن تا بیشترین حد ممکن، سرمایه‌گذاری کارخانه‌های تولید کنسالت‌ها به طور محسوسی در زمینه انجام مطالعات و احداث واحدهای آبیگری از باطله افزایش یافته است. به عنوان مثالی عینی در این زمینه، کارخانه کنسالت‌ها صنایع معدنی فولاد سنگان که در دهه ۱۳۹۰ با سرمایه‌گذاری شرکت فولاد مبارکه در منطقه صنعتی و معدنی سنگان خراسان رضوی احداث و ۵ میلیون تن به ظرفیت تولید کنسالت‌ها سنگ آهن کشور اضافه کرده است، و شرکت مهندسی مشاور کاوشگران به عنوان مشاور پروژه در مراحل طراحی، ساخت و بهره‌برداری آن حضور داشته است، برای آبیگری از کنسالت‌ها و باطله تولیدی خود، از نسل جدید و پیشرفته فیلترپرس که در

بین سایر تجهیزات آبیگری نظیر فیلترهای نواری، دیسکی و غیره، از ابتدا و همچنان دارای اقبال بیشتری در میان سرمایه‌گذاران در جهان بوده و هستند، استفاده نموده است. فیلترپرس‌های نصب شده در این کارخانه بزرگ برای آبیگری از محصول (کنسالت‌ها) تولیدی، ساخت شرکت OUTOTEC می‌باشند که از پیشگامان ساخت تجهیزات پیشرفته صنایع معدنی و



از جمله تجهیزاتی نظیر تیکنر و فیلترپرس است. کنسانتره تولیدی این مجموعه، پس از آگیری اولیه توسط تیکنر، که آن هم ساخت شرکت OUTOTEC است، توسط فیلترپرس‌های اشاره شده که ظرفیت آگیری حدود ۴۰ تن کنسانتره در هر سیکل ۹ دقیقه‌ای را دارند، به محصولی با رطوبت ایده‌آل ۸.۵ درصد تبدیل می‌گردد. همان طور که اشاره شد، کارخانه کنسانتره ۵ میلیون تنی فولاد سنگان از معدود پروژه‌هایی بود که از ابتدای طراحی، لزوم آگیری از باطله و سیستم انباشت باطله خشک (Dry Stacking) را در دستور کار خود قرار داد و از این منظر، یکی از واحدهای پیشگام و پیشرفته کشور از لحاظ مدیریت منابع آب، مسائل محیط زیستی و صنایع سبز است. در همین راستا و برای بهینه سازی در فرایند و سرمایه‌گذاری سیستم آگیری از باطله، رطوبت حدود نیمی از باطله کارخانه که در مراحل اولیه پرعیارسازی تولید می‌شود و دارای ابعاد و دانسیته بالاست، پس از آگیری اولیه توسط تیکنر، با مجموعه‌ای از سرند و سیکلون‌های مخصوص آگیری تا ۱۷ درصد کاهش یافته و به انباشتگاه باطله خشک منتقل می‌گردد. نیم دیگر باطله تولیدی کارخانه که دارای ابعاد ریز است، پس از آگیری اولیه توسط تیکنر دیگری که آن هم ساخت شرکت OUTOTEC است، برای کاهش رطوبت و تولید باطله‌ای قابل انتقال توسط نوار نقاله و انباشت خشک، به فیلترپرس‌های عظیم و پیشرفته OUTOTEC شارژ می‌گردد تا در هر سیکل ۹.۵ دقیقه‌ای، ۲۵ الی ۴۰ تن کیک با رطوبت ۱۹ درصد تولید گردد. به این ترتیب، باطله نهایی تولید شده در کارخانه با ظرفیت بیش از ۵ میلیون تن در سال و رطوبت حدود ۱۸ درصد، به انباشتگاه باطله خشک انتقال داده می‌شود. آب بازیافتی از مجموعه تیکنرها، فیلترپرس‌ها و سرند و سیکلون‌ها، به مخازن آب برگشتی پمپ می‌گردد تا مجدداً در چرخه تولید مورد استفاده قرار گیرد. آب غیر قابل بازیافت شامل رطوبت همراه کنسانتره و باطله، آب تبخیر شده و هدر رفته به طرق مختلف که با توجه به تکنولوژی‌های استفاده شده در این کارخانه حداقل ممکن می‌باشد، و نیز آب مصرفی برای نظافت صنعتی، آب آشامیدنی، آب بهداشتی و کل مصارف دیگر، با افزودن آب جیرانی که کمتر از ۰.۵ واحد به ازای تولید هر واحد محصول می‌باشد، تأمین می‌گردد که در مقایسه با صنایع مشابه در حال بهره‌برداری دیگر، مقدار بسیار کمتری می‌باشد. البته همانطور که اشاره شد، در سال‌های اخیر عزمی بسیار جدی از طرف واحدهای مذکور برای سرمایه‌گذاری در زمینه بازیابی و مدیریت مصرف آب به وجود آمده که امید است با به ثمر نشستن این تلاش‌ها، گامی به سوی بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب در این صنعت برداشته شود.



## نقش تیگرهای خمیری در کاهش مصرف آب کارخانه های فرآوری مواد معدنی

محمد مهدی رویایی

دکتری فرآوری مواد معدنی



مقدار قابل توجهی از آب هدر رفته و این امر هزینه های عملیاتی بالایی را تحمیل خواهد نمود. ضمن آن که با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور، بخش عمده ای از معادن و کارخانه های تغلیظ در مناطق کویری و یا حاشیه کویر که دارای اقلیم کم بارش می باشند واقع شده اند و تأمین آب تازه برای این کارخانه ها و مجتمع های وابسته یکی از مشکلات اساسی در صنایع معدنی می باشد. نکته دیگر آن که رهاسازی باطله با هر مقدار رطوبت کمتر می تواند سبب کاهش تأثیرات زیست محیطی ناشی از انباشت باطله گردد. با توجه به این موارد استفاده از تیگرهای خمیری (Paste Thickeners) با توجه به عملکرد مناسب و قابلیت افزایش درصد جامد باطله بالاتر در قیاس با تیگرهای مرسوم، می تواند گامی ثمربخش در راستای موارد فوق الذکر باشد.

با توجه به این که غالب روش هایی که در تغلیظ مواد معدنی مورد استفاده قرار می گیرند، به صورت تر عمل می کنند، صنایع معدنی مقادیر فراوانی از آب را برای فرایندهای تولید مصرف می کنند. از این رو کنسانتره مواد معدنی و باطله تولید شده حین فرایند، حاوی مقادیر زیادی از آب خواهند بود. آگیری از کنسانتره با توجه به نیازهایی نظیر سهولت حمل و مشخصات مورد نیاز فرایندهای پایین دستی انجام می گردد. در این بین جلوگیری از هدر رفت ماده معدنی با ارزش همراه با آب نیز از دیگر هدف های آگیری خواهد بود. با توجه به این که باطله های تولید شده در کارخانجات فرآوری مواد معدنی عموماً دارای نسبت وزنی بسیار بالاتری نسبت به کنسانتره هستند و می بایست در محل هایی مناسب انباشته گردند، در صورتی که آب همراه با آن جدا نگردد مشکلات مهمی را در پی خواهد داشت. نخست این که



مجموعه تاسیسات بازیافت آب مجتمع مس سرچشمه



تفاوت اصلی تیکنرهای خمیری با تیکنرهای متداول در میزان غلظت پالپ خروجی از این تیکنرها است. تیکنرهای خمیری در راستا اهمیت بالای تولید باطله خمیری با درصد آب کمتر از پالپ و دانسیته و ویسکوزیته بالاتر از آن در مدارهای لیگیری صنعت فرآوری مواد معدنی ساخته شدند. از جمله مزایای آنها می توان به افزایش میزان بازیافت آب، کاهش مصرف آب تازه، بازیافت حجم بیشتری از فلوکولانت و سایر مواد شیمیایی همراه با آب برگشتی، کاهش حجم باطله ورودی به سد (افزایش ظرفیت سد باطله و کاهش هدر رفت آب از راه تبخیر)، کاهش هزینه های آماده سازی سد باطله (امکان افزایش شیب نشست مواد باطله در سد باطله) و کاهش صدمات وارده به محیط زیست و کاهش تولید زهاب اسیدی در باطله های سولفوری اشاره کرد. تیکنرهای خمیری بویژه در مناطقی با محدودیت منابع آب نقش به سزایی را ایفا می کنند. نمونه ای از کاربردهای تیکنرهای خمیری در صنایع معدنی:

- ۱- مجتمع مس سرچشمه، ایران، عمل آوری ۹۶ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۰ تا ۶۲ درصد
- ۲- مجتمع مس Wu Shan، چین، عمل آوری ۳۵ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۵ درصد
- ۳- مجتمع مس Toromocho، پرو، عمل آوری ۱۲۴ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۷۰ درصد
- ۴- مجتمع مس Esperanza، شیلی، درصد جامد تولیدی برابر ۶۸ درصد
- ۵- مجتمع مس Coemin، شیلی، عمل آوری ۷۷ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۸ درصد
- ۶- مجتمع مس Cobriza، شیلی، عمل آوری ۲ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۷۷ درصد
- ۷- مجتمع مس Caserones، شیلی، عمل آوری ۵۰ هزارتن (جامد خشک) در روز، درصد جامد تولیدی برابر ۶۲ درصد



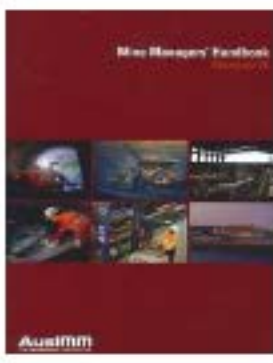
احسان آزاد

کارشناس ارشد مکاتیک سنگ



با توجه به پیشرفت روزافزون فن آوری و نیاز به پروژرسیائی دانش فنی متخصصین، کتاب‌های چاپ شده، مقالات در زمینه معدن کاری و مهندسی معدن همواره از مهم‌ترین مراجع معلمان و قابل دسترس مهندسیین می‌باشند که از این میان به انتخاب انجمن بین المللی مهندسی معدن SME، چهار نمونه از کتاب‌های منتخبی که در نمایشگاه سال ۲۰۲۰ مورد توجه قرار گرفته است در ادامه به همراه شرح مختصری از آنها آورده شده است.

### Mine Managers' Handbook

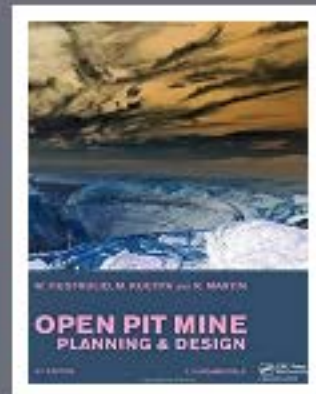


راهنمای مدیران معدن، کتابی جامع است که تمام جنبه‌های مهم مدیریت یک شرکت معدنی را شرح می‌دهد. در این کتاب موضوعات مختلفی از جمله استراتژی شرکت، رهبری، مدیریت عملیات و بازارهای جهانی مواد معدنی را بیان می‌کند. با توجه به نگارش متن توسط متخصصان صنعت، شرکت‌های مشاوره‌ای و دانشگاهی، می‌تواند برای مدیران اجرایی، مدیران عامل شرکت‌های معدنی، دانشجویان و همه کسانی که مایل به درک این صنعت هستند، کتابی درخور توجه باشد. گرچه در وهله اول برای کشور استرالیا نوشته شده، اما به طور کلی مطالب آن قابل استفاده برای تمامی صنایع معدنی در سطح بین‌الملل نیز می‌باشد. مهم‌ترین عناوین آن شامل مروری بر مدیریت معدن، بهداشت و ایمنی شغلی، مدیریت محیط زیست، روابط سهام‌داران، منابع انسانی، سرمایه‌گذاری و توسعه پروژه، مدیریت عملیات، امور مالی و اداری، مواد معدنی و بازاریابی، و برنامه‌ریزی استراتژیک همچنین راهنمایی برای ارزیابی فنی اقتصادی پروژه‌های صنایع معدنی در آن گنجانده شده است.

### Open Pit Mine Planning & Design

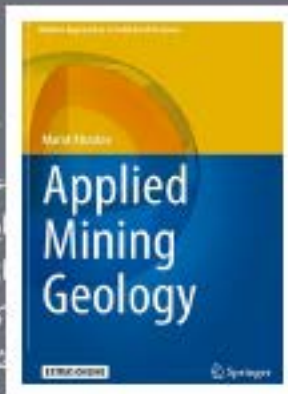


کتاب برنامه‌ریزی و طراحی معدن روباز، کامل‌ترین و معتبرترین گزارش استخراج معادن روباز در عصر جدید است. جلد اول آن مفاهیم اساسی مربوط به برنامه‌ریزی و طراحی معادن روباز را مورد بحث قرار می‌دهد. عناوینی شامل برنامه‌ریزی معدن، درآمد و هزینه‌های استخراج معدن، تشریح سنگ معدن، ملاحظات هندسی، محدودیات کاواک، برنامه‌ریزی تولید، منابع معدنی و ذخایر کانسنگ، مسئولیت در معدن کاری، آتشیاری و انفجار، حفاری دورانی، بارگیری مواد معدنی، یاریزی کامیون‌ها و قابلیت دسترسی و کاربری ماشین‌آلات. جلد ۲ شامل CSMine و MicroModel، و بسته نرم‌افزاری کاربرد پسند برنامه‌ریزی معدن که به طور خاص برای نشان دادن کاربرد عملی اصول درگیر تهیه شده است. این جلد همچنین شامل آموزش‌ها و کتابچه‌های راهنمای کاربرد برای این نرم افزار و هشت نمونه مطالعه موردی شامل مجموعه داده‌های گمانه‌های حفاری برای ارزیابی کامل معدن روباز است.



## جدیدترین کتاب های معدنی

### Applied Mining Geology



کتاب زمین‌شناسی کاربردی معدن، مروری دقیق بر اصول عملیاتی زمینشناسی در معدن‌کاری مدرن را ارائه می‌دهد. این کتاب شامل شرح جامعی از فنون زمین‌شناسی معدن، از جمله روش‌های مرسوم و رویکردهای جدید است. این کتاب خلاصه‌ای جامع از روش‌های زمین‌شناسی معدن شامل جمع‌آوری داده، تضمین کیفیت تا استفاده از آن‌ها در مدل‌های منابع لختیره و اجرای برنامه‌های تولید معدن

را ارائه می‌دهد، که می‌تواند به عنوان راهنمای متخصصان صنعت معدن استفاده شود. مطالب متنوعی از تئوری‌ها و موارد عملیاتی را تحت پوشش قرار داده و مخاطبان وسیعی را از جمله زمین‌شناسان باتجربه، متخصصان، دانشجویان، اساتدان و محققان را هدف قرار داده است. کاربرد روش‌های مختلف زمین‌شناسی در مهندسی معدن به کمک مطالعات موردی توضیح داده شده است و همچنین گدهای کامپیوتری در موارد مختلف به کتاب افزوده شده است. این کتاب توسط نشریه معتبر Choice به عنوان اثر علمی برجسته در سال ۲۰۱۷ انتخاب شده است. کتاب زمین‌شناسی کاربردی معدن، مروری دقیق بر اصول عملیاتی زمینشناسی در معدن‌کاری مدرن را ارائه می‌دهد. این کتاب شامل شرح جامعی از فنون زمین‌شناسی معدن، از جمله روش‌های مرسوم و رویکردهای جدید است. این کتاب خلاصه‌ای جامع از روش‌های زمین‌شناسی معدن شامل جمع‌آوری داده، تضمین کیفیت تا استفاده از آن‌ها در مدل‌های منابع لختیره و اجرای برنامه‌های تولید معدن را ارائه می‌دهد، که می‌تواند به عنوان راهنمای متخصصان صنعت معدن استفاده شود. این کتاب توسط نشریه معتبر Choice به عنوان اثر علمی برجسته در سال ۲۰۱۷ انتخاب شده است.

### SME Mining Engineering Handbook



سومین ویرایش کتاب راهنمای مهندسی معدن SME که در سطح بین‌المللی اعتبار قابل توجهی دارد و بعنوان «کتاب راهنمای انتخاب روش‌ها» برای مهندسی معدن در کلیه امور اجرایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع این مجموعه عصاره‌ای از وجوه مختلف معدن‌کاری و علوم مرتبط با مهندسی معدن بوده که در الهام بخشیدن و آگاه‌سازی نسل جدید متخصصان معدنی می‌تواند کمک شایانی باشد. بیش از ۲۵۰ متخصص شناخته شده از کشورهای مختلف در گردآوری این ویرایش همکاری داشته‌اند. این کتاب در ۱۱۵ فصل به طور مبسوط به تمامی چالش‌های معدن‌کاری پرداخته است که از مهم‌ترین عناوین آن به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: اقتصاد بازار، اکتشاف، ارزیابی ذخایر، مدیریت و نظارت، انتخاب روش، خردایش سنگ، مکلیک زمین، زیرساخت‌ها و خدمات، استخراج سطحی، استخراج هیدرولیکی و خطوط انتقال، توسعه فضاهای زیرزمینی، فرآیند استخراج، فرآوری مواد معدنی، بهداشت و ایمنی و همچنین مسائل زیست محیطی، اجتماعی و چالش‌های آن.



بابک شبیانی  
کارشناسی عمران

## بومی‌سازی دانش در سیرجان

مدت‌ها از حضور شرکت مهندسی مشاور کاوشگران در محدوده معادن گل‌گهر و مشارکت فنی و نظارتی در پروژه‌های این منطقه می‌گذرد؛ این مشاور با تکیه بر توانایی فنی، تجربیات ژرف و نگاه دانش‌محور، در طول سال‌های فعالیت خود با جلب اطمینان خاطر و رضایت مندی کارفرمایان خویش در بخش‌های مختلف مهندسی و نظارتی، خدمات مستمری را به شرکت‌های بزرگ و خوشنام کشور، از معادن تا واحدهای فرآوری و پایین‌دستی ارائه نموده است. در این میان و در مرور تجربیات فراوان کاری، کاوشگران با افتخار در دو پروژه متفاوت منطقه گل‌گهر نقش آفرین بوده است که وجه تمایز آن‌ها، تکیه بر دانش بومی و یدک کشیدن عنوان نخستین تجربه در ایران عزیز است. حسن اعتماد شرکت محترم فولاد سیرجان ایرانیان به شرکت‌های داخلی و توان فنی و اجرایی مهندسی و کارگران شریف وطن، در شکل‌گیری و پیشبرد طعم شیرین بومی‌سازی، غیر قابل‌کتمان است. پروژه نخست، اجرای یک خط کامل خریدایش مجدد کنسانتره با هدف افزایش عدد بلین جهت بهبود کیفیت و افزایش راندمان کارخانه گندله‌سازی است که شرکت مهندسی مشاور کاوشگران به‌عنوان مشاور و بازوی نظارتی و مهندسی در کنار کارفرما و پیمانکاران داخلی حضور داشته است. در این پروژه با اجرای حدود یک کیلومتر خط انتقال مواد با ظرفیت دو و نیم میلیون تن در سال، به صورت توانمند از دو فرآیند کاهش رطوبت (به وسیله خشک‌کن) و ترمه‌کنی (به وسیله آسیاب غلطکی) استفاده گردیده است و با اجرای موفق آن، ضمن تحقق هدف گذاری افزایش ۷۰۰ واحدی سطح ویژه کنسانتره، مویجات افزایش چشم‌گیر کیفیت گندله تولیدی، کاهش استفاده از مواد افزودنی، بهبود بازدهی واحد و افزایش میزان تولید محصول فراهم گردیده است. کارخانه مذکور، در طول سه سال و با تکیه بر دانش فنی داخلی و استفاده حداکثری از توان سازندگان ایرانی، برای نخستین بار در کشور به اجرا درآمده است و موفقیت آن، موجب تقاضای سایر تولیدکنندگان فرآورده‌های فولادی جهت اجرای طرح‌های مشابه در کشور گردیده است. تجربه دوم نیز که به مثابه پروژه پیش‌گفته، برای نخستین بار توسط مهندسان ایرانی و بدون هیچ‌گونه طرح پایه و تفصیلی تکنولوژیست‌های خارجی، توسط این مجموعه به انجام رسیده است، طراحی و اجرای خطوط انتقال اسلاری به سدهای باطله و بازگشت آب بازیافتی، در محدوده منطقه گل‌گهر می‌باشد. در این پروژه که با اعتماد به مهندسان جوان و جسور ایرانی به انجام رسیده است، یک مجموعه کامل خطوط پمپاژ دوغاب باطله کارخانه کنسانتره سنگ آهن، به طول بیش از ۱۱ کیلومتر و اختلاف ارتفاع ۳۰ متر، همراه با ایستگاه‌های پمپاژ، زیرساخت‌های تامین انرژی، خطوط انتقال اسلاری و آب و... در کردوری با محدودیت‌ها، عوارض و معارضات پر تعداد طراحی و مدل‌سازی گردیده است. این مهندسی مشاور افتخار دارد تا به‌عنوان نخستین تجربه تماماً ایرانی، کلیه خدمات مهندسی پایه، تفصیلی، خرید و پشتیبانی فنی این پروژه خاص را به انجام برساند و در سال جاری شاهد راه‌اندازی موفقیت‌آمیز آن باشد. گرچه شرکت کاوشگران در طول سی و هفت سال حیات‌یالنده خود، پروژه‌های متعدد و بزرگ صنعتی و معدنی را با گستردگی فراخ در سرتاسر مام میهن به انجام رسانیده که بی‌تردید بخش قابل‌توجهی از آن‌ها به لحاظ حجم کاری، بسیار بزرگ‌تر و پرمایه‌تر از دو پروژه موصوف است؛ لیکن آن‌چه این دو تجربه را برجسته کرده و آن‌ها را بر صفحات این مجلد کاشانده است، تجربه شیرین خواستن، خودباوری و اعتماد به توانمندی‌های جوانان بالنده این مرز و بوم است.

## تلفیق نشانگرهای ژئوفیزیکی

اندیشه علیمرادی

دکتری ژئوفیزیک اکتشافی



Journal of Mining and Environment (JME)

journal homepage: [www.jme.shahroodut.ac.ir](http://www.jme.shahroodut.ac.ir)Vol. 11, No. 3, 2020, 865-879.  
DOI: 10.22044/jme.2020.9999.1923

## Integrating Geophysical Attributes with New Cuckoo Search Machine-Learning Algorithm to Estimate Silver Grade Values—Case Study: Zarshouran Gold Mine

A. Alimoradi<sup>1\*</sup>, B. Maleki<sup>2</sup>, A. Karimi<sup>1</sup>, M. Sahafzadeh<sup>3</sup> and S. Abbasi<sup>3</sup><sup>1</sup>- Department of Mining Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran<sup>2</sup>- Mining plus company, Vancouver, Canada<sup>3</sup>- Zarshouran gold mines and mineral industries development company, Telesh, Iran

Received 1 August 2020; received in revised form 25 August 2020; accepted 26 August 2020

**Keywords**

IP/RS attributes

Cuckoo search

Machine-learning

Zarshouran deposit

Numerical methods

**Abstract**

The exploration methods are divided into the direct and indirect categories. Among these, the indirect geophysical methods are more time- and cost-effective compared with the direct methods. The target of the geophysical investigations is to obtain an accurate image from the underground features. The Induced polarization (IP) is one of the common methods used for metal sulfide ore detection. Since metal ores are scattered in the host rock in the Zarshouran mine area, IP is considered as a major exploration method. Parallel to IP, the resistivity data gathering and processing are done to get a more accurate interpretation. In this work, we try to integrate the IP/RS geophysical attributes with borehole grade analyses and geological information using the cuckoo search machine-learning algorithms in order to estimate the silver grade values. The results obtained show that it is possible to estimate the grade values from the geophysical data accurately, especially in the areas without drilling data. This reduces the costs and time of the exploration and ore reserves estimation. Comparing the results of the intelligent inversion with the numerical methods, as the major tools to invert the geophysical data to the ore model, demonstrate a superior correlation between the results.

**1. Introduction**

The geophysical methods are widely used in underground deposit explorations. These methods provide time- and cost-effective valuable information from the underground layers without drilling (Sellee et al., 2005). Among the different geophysical methods, the induced polarization and resistivity methods are the best for exploration of the Carlin sulfide gold deposits (Yuval, 1993; Hasani Pak & Shoja-at, 2000). Douglas has used the induced polarization and resistivity data to identify the depth of the mineralization (Douglas et al., 1999).

On the other hand, the non-linearity and noise reduction are the most significant characteristics of the artificial neural networks (ANNs). One of the usages of these networks, especially when they are supervised (as machine-learning tools), is ore grade

estimation in geology and mining engineering. In order to do this, ANN is trained to find the pattern between the input (coordinate and geophysical attributes) and the output (grade) data. Different parameters influence the grade distribution, some of which are not considered in the mathematical models. Almost in all the grade estimation methods, the most considerable item is the distance to the known grade; hence, many other factors such as geology, rock mechanics, and ore shape and type should be considered. These parameters can be regarded as the geophysical, geochemical, and other data formats. Knowing the best places for exploration boreholes, which can be concluded from an accurate grade model, leads us to reduce the costs of drilling and predict the shape and the status of the ore body. In order to find this model,

\*Corresponding author: [alimoradi@eng.knu.ac.ir](mailto:alimoradi@eng.knu.ac.ir) (A. Alimoradi).

it is necessary to integrate the different above-mentioned data formats. Without integrating and processing the data, it is impossible to find the optimum places for drilling (Porwal, 2006). The machine-learning algorithms are powerful tools to integrate different data and extract the pattern between the input and output values (Bishop, 1995).

Singer and Kouza have used ANNs to estimate the distance from ore veins (Singer & Kouza, 1997). They have also utilized the probability artificial neural networks for the ore vein classification. In 1999, they made a comparison between the potential maps produced from ANNs and the weight of evidence methods (Singer & Kouza, 1999). The results obtained showed fewer error values for the test data in the ANN model (2%) compared to the 23% error in the weight of the evidence method. Brown et al. (2000 & 2003) have integrated GIS and ANN to produce the 1:100,000 ore potential map. They applied multi-layer perceptron (MLP) artificial neural networks with a 68% accuracy in map production. The most important weak point of MLPs is the influence of the small numbers of the input data on the accuracy of the model, which can be seen in this work. Hosseinali and Alesheikh have used MLPs to weigh different data layers and produce the copper potential map (Hosseinali & Alesheikh, 2008). The most significant part of their work was to use ANNs in order to find the shape of the ore body. Harris and Pan have employed the probability and regression ANNs to detect the ore veins (Harris & Pan, 1999). The results of their work demonstrated a better accuracy in the vein location prediction using the probability networks. Some scientists have used the integration of ANNs and other methods for a potential map production such as the integration of ANNs and remote sensing (Sanchez et al., 2003). Others have integrated ANNs with the probability rules (Skabar, 2005).

Many studies have been done to integrate the geophysical data using the artificial neural networks such as processing the ground-penetrating radar (GPR) data (Poulton & El-Fouly, 1991). Polton and Steinburg have integrated the electromagnetic data using ANNs (Poulton et al., 1992). Spichak and Popova have made progress on the magnetotelluric data via optimizing the ANN

algorithm (Spichak & Popova, 2000). Some research works have been done to gain data on inversion resistivity using ANNs (El-Qady & Ushijima, 2001; Calderón-Macias et al., 2001; Singh et al., 2005). Alimoradi et al. have used a probability supervised neural network to integrate the magnetic geophysical data in order to estimate the depth of dikes (Alimoradi et al., 2011). In this work, the geophysical data obtained from 17 profiles in the Zarshouran gold mine was integrated using the new supervised Levenberg-Marquardt-based backpropagation algorithm trained with the cuckoo search (Nazri et al., 2013) to estimate the values of silver grade in the areas without drilling data. We considered 75 data points obtained from six boreholes that were on the geophysical profiles. The input data were the X, Y, and Z coordinates and the IP and RS values. The output data was the silver grade values from logs. Finally, the grade distribution from the machine-learning algorithm was modeled and compared with the geophysical models of the profiles using the Res2DInv software.

## 2. Methodology

### 2.1. Site Geology

The Zarshouran gold deposit is located in the north-western region of Iran. Figure 1 shows the geographical location of this deposit. The gold mineralization in the Zarshouran area is similar to the disseminated epithermal deposits in sedimentary rocks, especially carbonates (Carlin-type), and can be seen in two different shapes:

- Very fine-grained particles, which have been disseminated in the deposit with high values of arsenic and sulfide;
- Forming an organic gold-carbon complex with the organic carbon in the Zarshouran unit, showing a high grade of gold.

Mineralization can be seen as veins in the silicified zones in Zarshouran carbonaceous limestone with regular veinlets or massive in the middle part of Zarshouran. The minerals associated with gold in the Zarshouran deposit are orpiment, realgar, stibnite, sphalerite, galena, cinnabar, and copper. Gang minerals are also quartz, fluorine, barite, and calcite.

Altomadi et al. / Journal of Mining & Environment, Vol. 11, No. 3, 2020

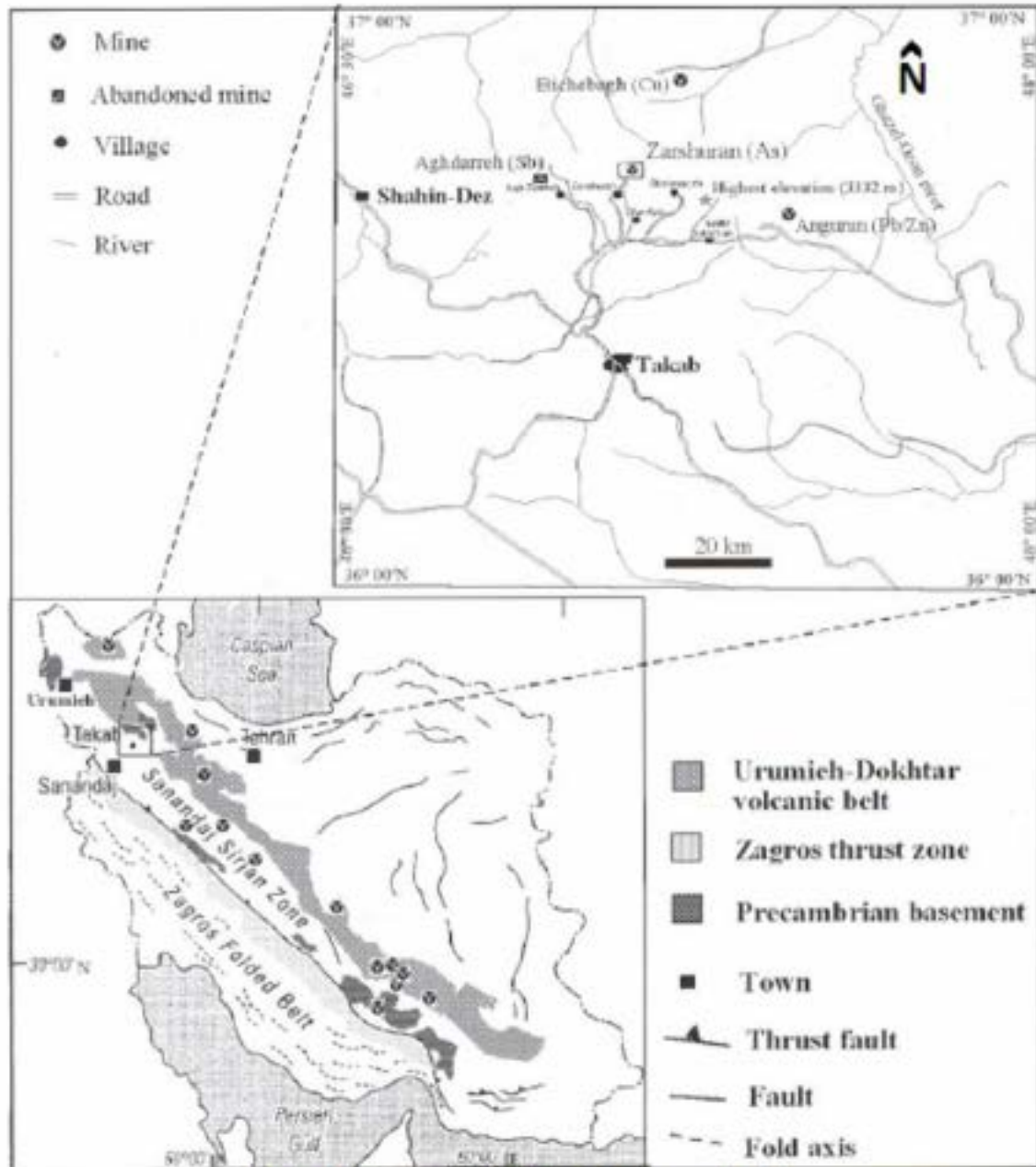


Figure 1. Geographical location of Zarshouran deposit.

**2.2. Data Acquisition and Preparation**

The geophysical surveys (IP/RS) were carried out in the Yeganli area in the south-western region of the main open-pit of the Zarshouran gold deposit to find new deposits in the studied area. Figure 2 presents the location of the Yeganli area with the geophysical profiles on it. Since the mineralization trend in this area is north west-south east, the profiles are designed perpendicular to this trend. In

order to cover the Yeganli area, a rectangle with a dimension of 1650 m\*760 m was considered. All profiles were performed in this rectangle. Seventeen profiles with a distance of about 100 m and the survey point spacing of 30 m on each profile were carried out. Figure 3 illustrates the name and the number of geophysical profiles. The IP/RS array used in this work was pole-dipole with 222 surveyed points on each profile.



Figure 2. Location of the Yeganli area with the geophysical profiles on it.

Figure 3 shows the coordination of all profiles. There are four electrodes in the pole-dipole array. The current will be transmitted into the earth via A and B electrodes, and the potential differences will be received by M and N. M and N, which are close to each other, are the potential dipoles, and A and B, which are in the physical extreme, are the current dipoles.

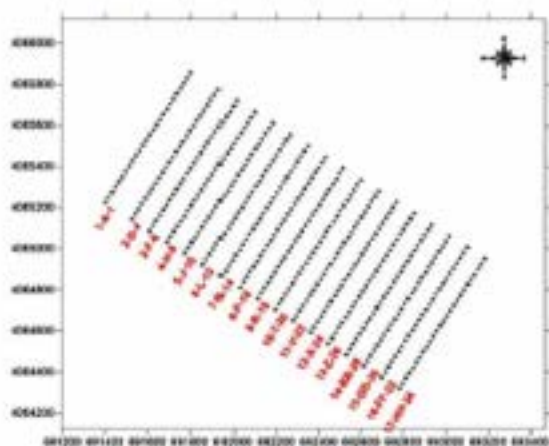


Figure 3. Coordination of all profiles.

### 3. Levenberg-Marquardt Cuckoo Search (CSLM) Machine-Learning Algorithm

Yang and Deb have introduced a metaheuristic algorithm based on the cuckoo search in 2010 (Yang and Deb, 2010). This algorithm simulates the parasitic behavior of a kind of bird called cuckoo. The cuckoo lays its eggs in other bird's nests. Most of the time, the host bird cannot recognize the cuckoo's eggs from its eggs;

however, if the parasite egg can be recognized, the host bird will throw it away or leave the nest to build another one. Some cuckoos are so professional that they find a nest with eggs exactly similar to theirs. This reduces the probability of their eggs being thrown away or the nest being abandoned and also increases the probability of their chicks staying alive. The CS algorithm follows three basic rules. These rules are as follow (Nazri et al., 2013):

- Each cuckoo lays an egg and leaves it randomly in a nest.
- The best nest with the best eggs introduces the next generation.
- The number of host nests is fixed and the cuckoo's egg can be recognized by the host bird with the probability of  $P_a$  [0.1].

If the cuckoo's egg is detected by the host bird, it will be thrown away or the host bird will leave the nest. This situation can be approximated by the partial probability of  $P_a$  from  $n$  nests. Reducing this probability to zero means a 100% success of the cuckoo in saving its eggs and requires the true selection of the nests.

A flow diagram of CSLM is illustrated in Figure 4. The cuckoo search is a metaheuristic algorithm initiated by an initial random population. In this algorithm, the weights are selected by the first part of the diagram, and the network is trained by these weights through the second part. The strength of this algorithm is its capability in reducing errors and increasing the accuracy and speed of the network compared to other backpropagation training algorithms.

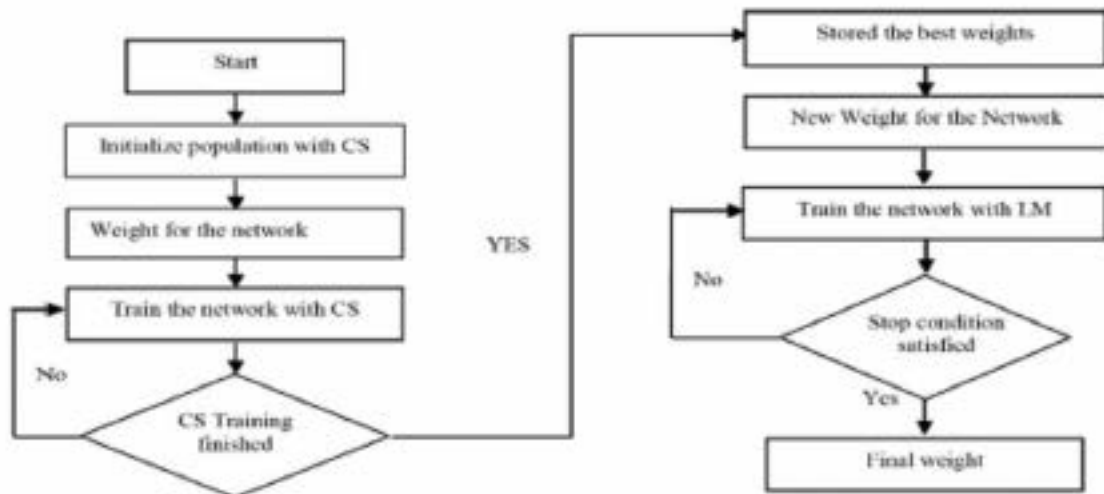


Figure 4. CSLM algorithm (Nazri et al., 2013).

Two different sets of data are necessary to prepare the network, i.e. input and output. The input data is the X, Y, and Z coordinates and the values of IP and RS, which can be obtained from the geophysical surveys as explained before. The output data is the grades of the silver in boreholes located on the geophysical profiles. The total number of data is 75 data points from the boreholes and geophysical surveys. The architecture of the network is shown in Figure 5.

Since the main objective of this work was grade estimation, the machine-learning (ML) method was selected based on the following reasons (Alimoradi, 2008):

- Machine-learning tools are very powerful in pattern recognition.

- They are suitable in cases with input-output data.

MLs are computational models based on the human understanding of the cortical structure of the brain and cognition. Algorithmically, MLs are parallel adaptive systems; therefore, they require training. Back-propagation is a powerful method of supervised learning developed after the seminal work by Paul Werbos and David E. Rumelhart in the 1970s and 80s (Demuth & Beale, 2002). The details of various methods of ML design and training are beyond the scope of this paper and are explained elsewhere (e.g. see Hagan et al., 1996). In this work, we successfully developed and implemented a network with three hidden layers of 14, 12, and 8 nodes, respectively. The network architecture is shown in Figure 6.

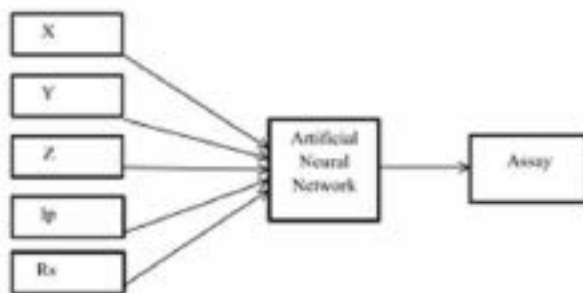


Figure 5. Architecture of neural network.

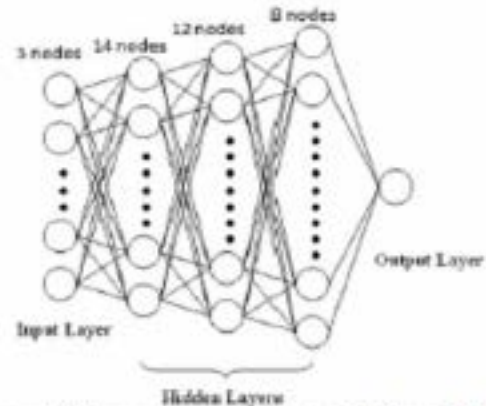


Figure 6. Our proposed network with three hidden layers. The input layer has five nodes, the next three hidden layers (intermediate layers) have 14, 12, and 8 nodes, respectively. The output layer is a single node.

4. Results and Discussion

We checked the CSLM results with 11 different traditional algorithms for training the input data in multi-layer perceptron artificial neural networks. All these algorithms were used in this work to

determine the best-suited one. The results of each algorithm are presented in Table 1 as the average of 100 different random iterations for the best-evaluated structure.

Table 1. Results for different training algorithms.

No	Algorithm	Neurons in each hidden layer	RMS <sub>train</sub>	RMS <sub>test</sub>
1	Traincslm	14 12 8	0.048	0.077
2	Trainlm	14 12 8	0.073	0.092
3	Traingdx	7 8 9	0.090	0.100
4	Trainrp	21 22	0.986	0.215
5	Traincgrf	7 8 9	0.133	0.168
6	Traincgp	10 11 12	0.108	0.117
7	Traincgb	12 15	0.096	0.240
8	Traincog	12 14 16	0.078	0.080
9	Trainbfg	20 21 22	0.098	0.223
10	Trainoc	8 10	0.145	0.134
11	Traingd	8 8	0.350	0.380
12	Traingdm	12 13 14	0.123	0.173

Columns 4 and 5 in Table 1 are the average values of root mean square (RMS) error for the train and test data in each training algorithm. According to the values of the RMS error, the best-fitted algorithm is the Cuckoo Search Levenberg-Marquardt (TrainCSLM) with the minimum values of RMS for the train and test data. The reduction in the network error increases the reliability of the network predictions. CS, as an optimization engine for the BP algorithms, searches for a hybrid model to find the best learning parameters. Since the results of the machine-learning methods were not unique, the best model was run in 20 iterations to check the stability of the model. The RMS results presented in Table 1 are the average values for 20 iterations.

The other training algorithms such as the one-step secant and Fletcher-Powell conjugate gradient were also used; however, they were discarded due to their high tolerance for the test errors and low reliability in our application (Demuth & Beale, 2002; Alimoradi, 2006). With a network of only one or two hidden layers, over-training was often observed. Over-training happens when the network is highly trained but its predictions appear erroneous for the test data. This can be the consequence of the complexity of the problem investigated here and modeled in our neural network. Table 2 illustrates the minimum and maximum error values for the Traincslm algorithm. The absolute training error  $E_{train}$  is calculated as follows:

$$E_1 = |r_1 - p_1|, E_2 = |r_2 - p_2|, \dots, E_n = |r_n - p_n| \quad (1)$$

and:

$$E_{train} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

In Equation 1,  $r$  is the real grade value,  $p$  is the predicted grade value from the network, and  $n$  is the number of training data.  $E_{test}$  is the same as  $E_{train}$ ; however, it is calculated from the test data.  $RMS_{train}$  is the mean square error of the training data and is obtained from Equation 3:

$$RMS_{train} = \frac{\sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$RMS_{test}$  is calculated as  $RMS_{train}$  for the test data.

Table 2. Minimum and maximum error values for Traincslm algorithm.

$E_{train}$	$E_{test}$	RMS <sub>train</sub>	RMS <sub>test</sub>
0.0285	0.0409	0.04	0.077
0.0408	0.0968	0.0866	0.170

As it can be seen in Table 2, RMS of the error in training is less than 10%. For the test results, RMS of the error varied between 7% and 17% for the 100 iterations performed. The reduction in the network error increases the reliability of the network predictions and requires the availability of additional training data. Finally, the parameters of the network are shown in Table 3. The results of the training are presented in Figure 7.

In Figure 7,  $R$  is the correlation coefficient between the real and predicted silver grade values. The

correlation coefficient is close to 1.0, implying a good network performance. Our data in the Zarshouran (Yeganli) site has only silver grade

values. We used the above-mentioned neural network to classify the test data. The results obtained are shown in Figure 8.

Table 3. Parameters of the best network

Parameter	Value
Network	Backpropagation
Training algorithm	Traincslm
Number of hidden layers	3
Input layer neurons	5
Output layer neurons	1
First hidden layer neurons	14
Second hidden layer neurons	12
Third hidden layer neurons	8
Trainparam.Goal	0.008
Trainparam.Epochs	1000
Trainparam.Show	100
Learning rate	0.9

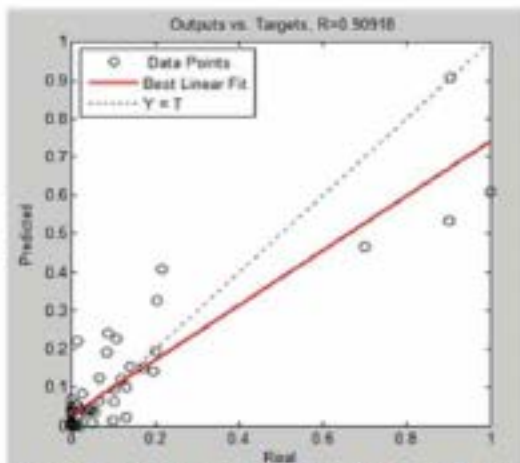


Figure 7. Correlation coefficient for the train data.

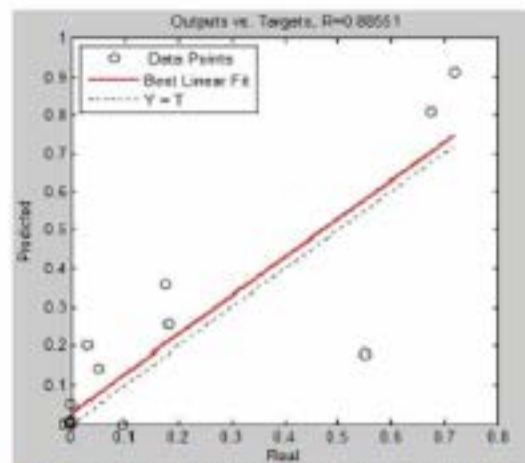


Figure 8. Correlation coefficient for the test data.

During testing a correlation coefficient greater than 0.85 was generally obtained (as exhibited in Figure 8). This shows that the silver grade values in the test data are practically well-correlated with the network predictions; therefore, it deemed appropriate to be exceedingly meticulous with the reliability of the computational tool that was developed as a part of this work to perform the task of classification. This is evident in Figure 9, remarkably demonstrating the performance of the trained network.

The real values of silver grade shown by plus mark in Figure 9 could be easily predicted by the back-propagation neural network by multiply mark. Although there are many points with zero values, the network can still predict the higher values accurately.

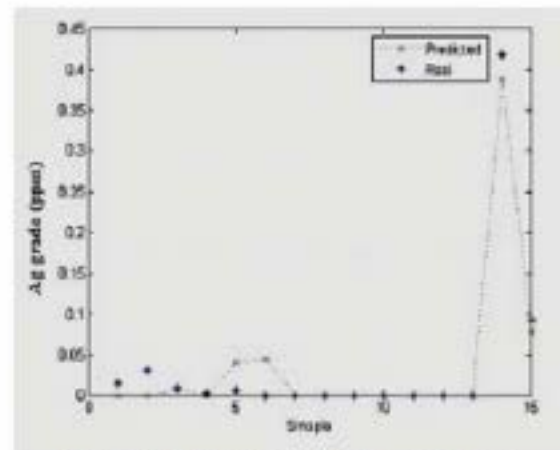


Figure 9. Predicted results for the test data.

### 5. Evaluating Machine-Learning Method Compared with Geophysical Models

Since our dataset was limited to 75 data, many of which had data a silver grade of zero, it was

necessary to validate the ML results with the geophysical profiles. To do this, the silver grades estimated using ML were modeled for each profile (as shown in Figure 10).

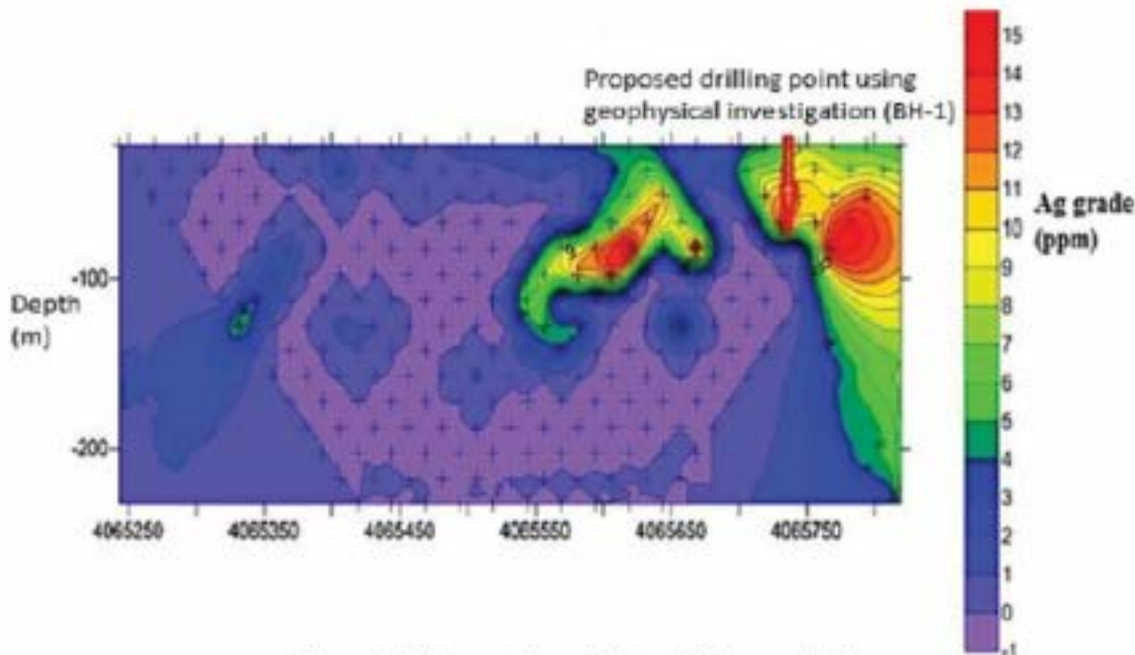


Figure 10. Silver grade model from ML for profile 1.

#### 5.1. Profile 1

This geophysical profile is the northernmost profile of the area with a 720 m length. The distance between the survey points is 30 m, and the depth of the investigation is about 230 m. The Res2Dinv software was used to make the inversion on the surveyed geophysical data in this profile. Figure 11 shows the inverted model of profile 1. The upper part illustrates the model of chargeability, and the lower part is the resistivity model.

Generally, there are two potential zones in this section according to the chargeability profile (two zones with high chargeability values as red zones). According to the geological pieces of evidence, the geophysicists of the project assumed the right part of this section as the priority of the next exploration

activities and introduced a borehole to this part (BH-1 in the chargeability section). The position of the introduced BH-1 is specified by the red arrow in the ML section (Figure 10). The exact position of the anomalous zone is in the right hand of this arrow. ML could predict both potential zones accurately with a difference of 50 m to the center of the right-hand anomaly. This difference can be due to the lack of enough test data (core analysis) in this part of the section to correlate them with the predicted values by ML. The depth of both anomalies is about 100 m, and the distance between the anomalous zones is also about 200 m, which can be estimated and modeled accurately by the ML method.

Aitmaradi et al./ Journal of Mining & Environment, Vol. 11, No. 3, 2020

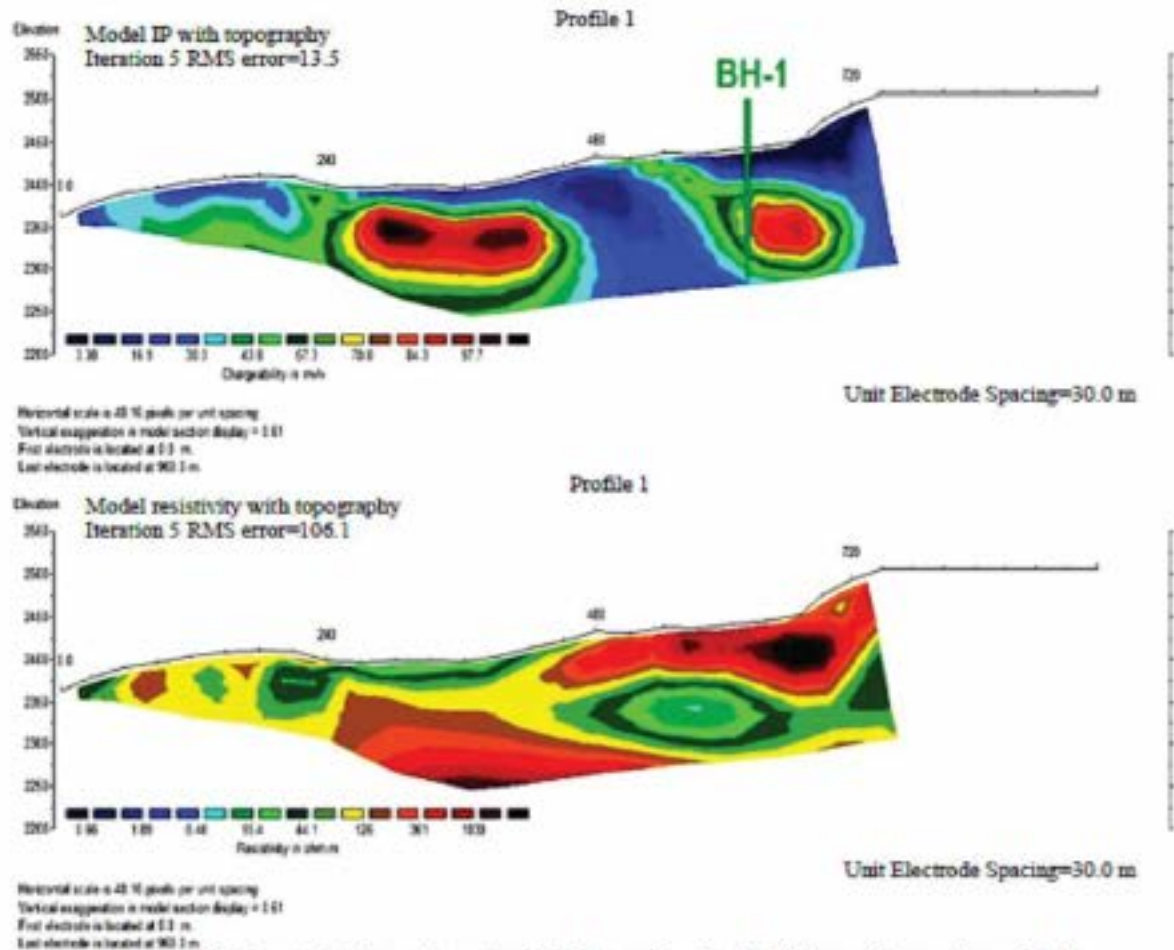


Figure 11. Inverted values of geophysical data using the Res2DInv software for profile 1.

5.2. Profile 4

The length of this profile is 720 m with a 30-m distance between the survey points, and the depth of the investigation is about 190. Figures 13 and 14

illustrate the inverted geophysical sections of chargeability and resistivity and the estimated silver grade section using the new machine-learning tool.

Alimoradi et al. / Journal of Mining & Environment, Vol. 11, No. 3, 2020

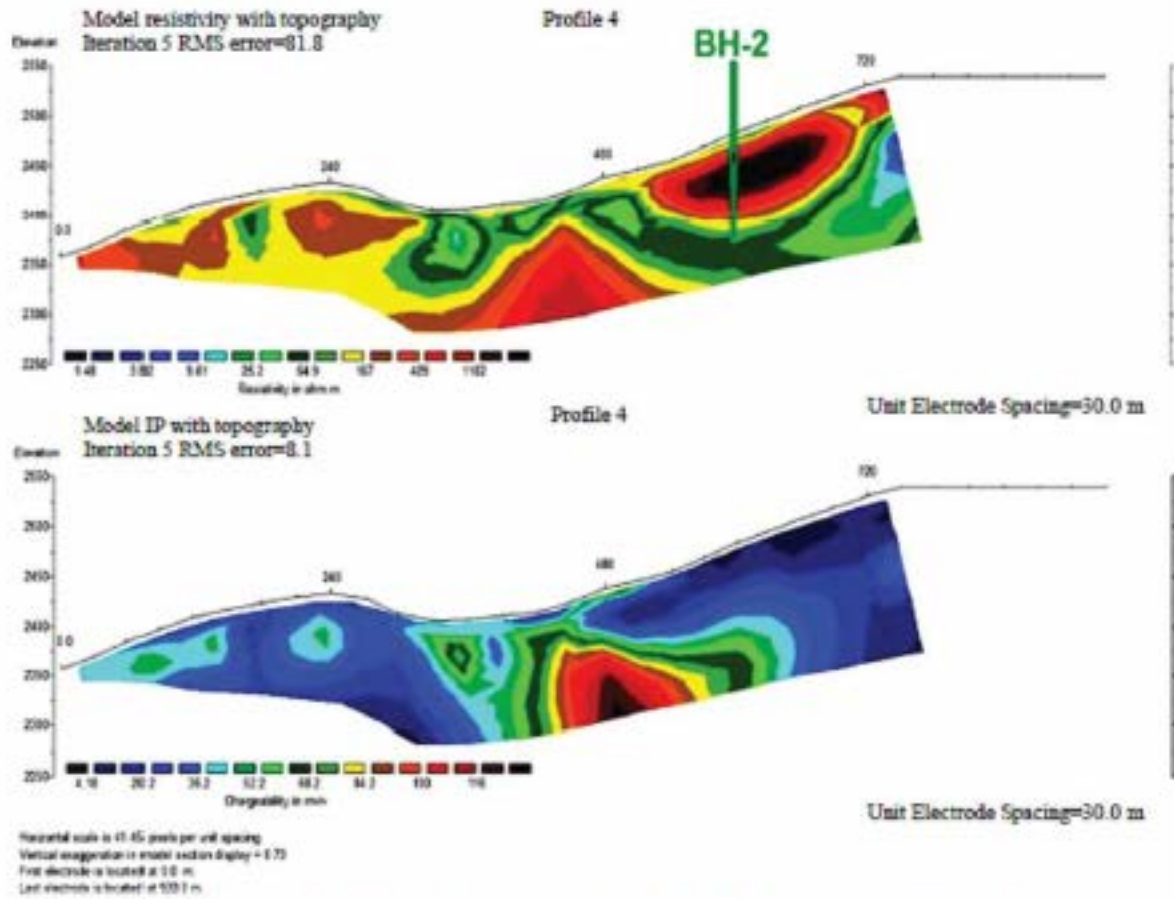


Figure 12. Inverted values of the geophysical data using Res2DInv software for profile 4.

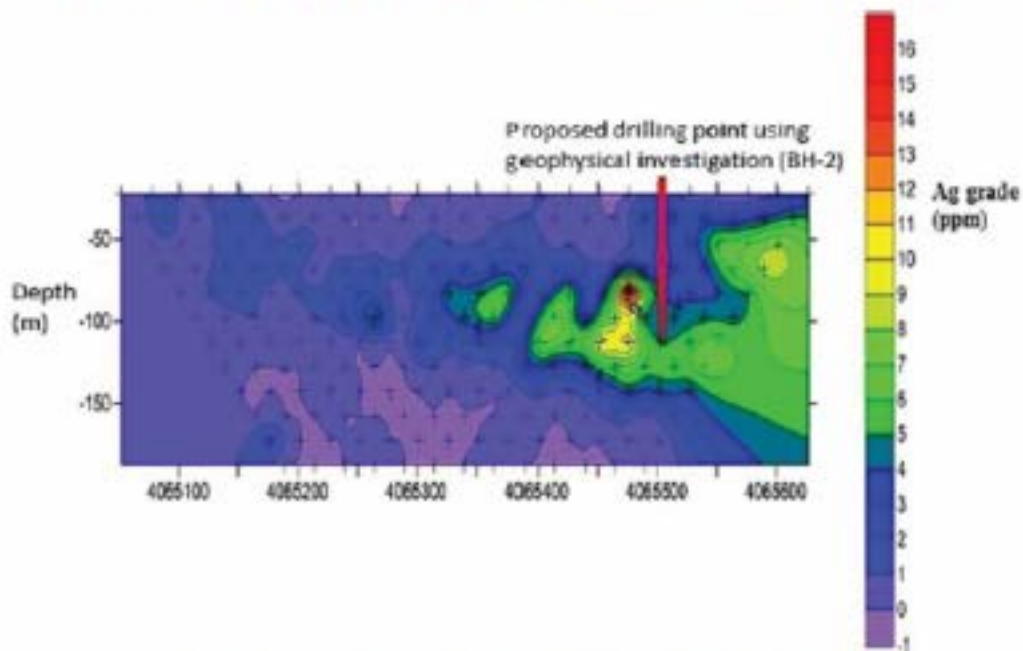


Figure 13. Silver grade model from ANN and surfer for profile 4.

It can be concluded from the geophysical sections (Figure 12) that there is a major anomaly in the right-hand part of the profile. This anomaly is about 120 m far from the end of the profile and has a depth of 50 m. Figure 13 shows that ML is able to predict the horizontal location of the anomaly very accurately; however, the predicted depth is about 25 m deeper than the actual depth. This also can be due to the lower resolution of ML according to the quality and lack of the core analysis data.

### 5.3. Profile 9

The length of this profile is 720 m with a 30-m distance between the survey points, and the depth of the investigation is about 190. Figures 15 and 16 illustrate inverted the geophysical sections of

chargeability and resistivity and the estimated silver grade section using machine-learning. Figure 14 shows that the main anomaly of this section is located in the middle part of the profile with a depth of about 150 m. Borehole 3 was proposed in the middle of the anomaly according to the Res2Dinv model. Although ML has predicted the location of the maximum grade (more than 13.5 ppm) correctly, according to Figure 15, the shape of the anomaly is extended into the end of the profile. The chargeability section also shows the extension of the anomaly to the end of the profile by increasing the depth. Moreover, the resistivity section confirms the existence of the anomaly in the right-hand part of the section according to the lower values of the resistivity in this part.

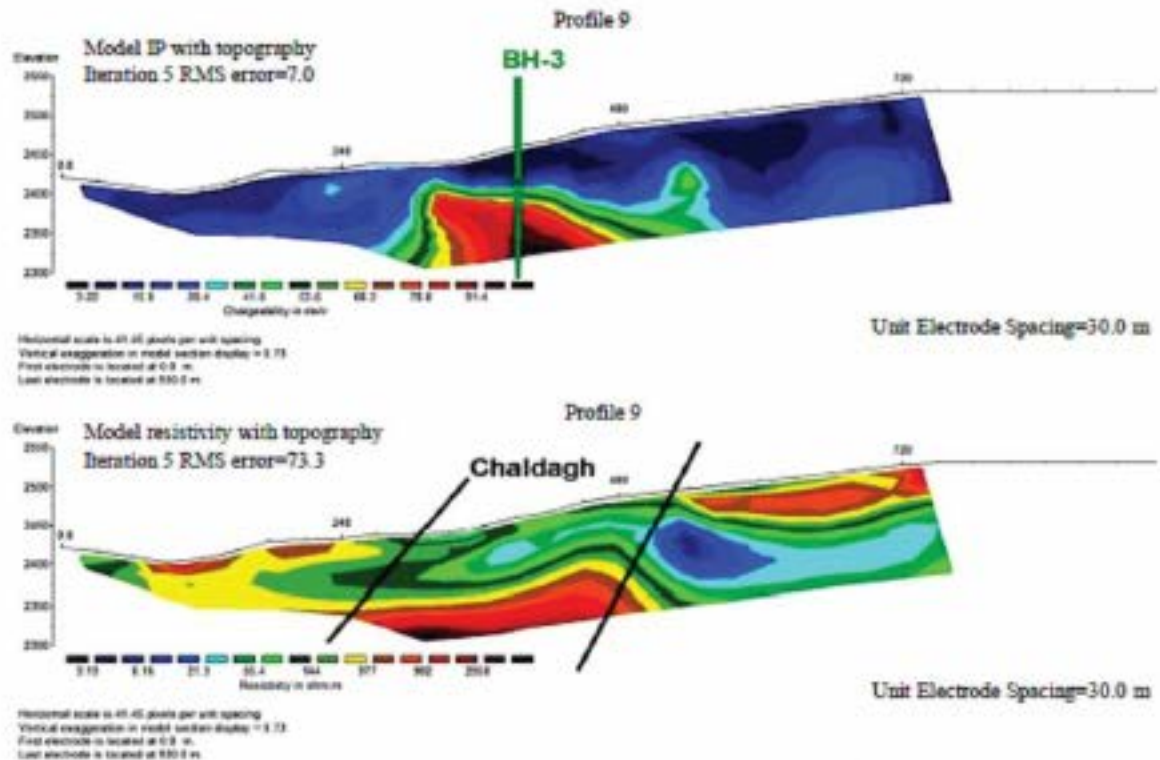


Figure 14. Inverted values of the geophysical data using the Res2DInv software for profile 9.

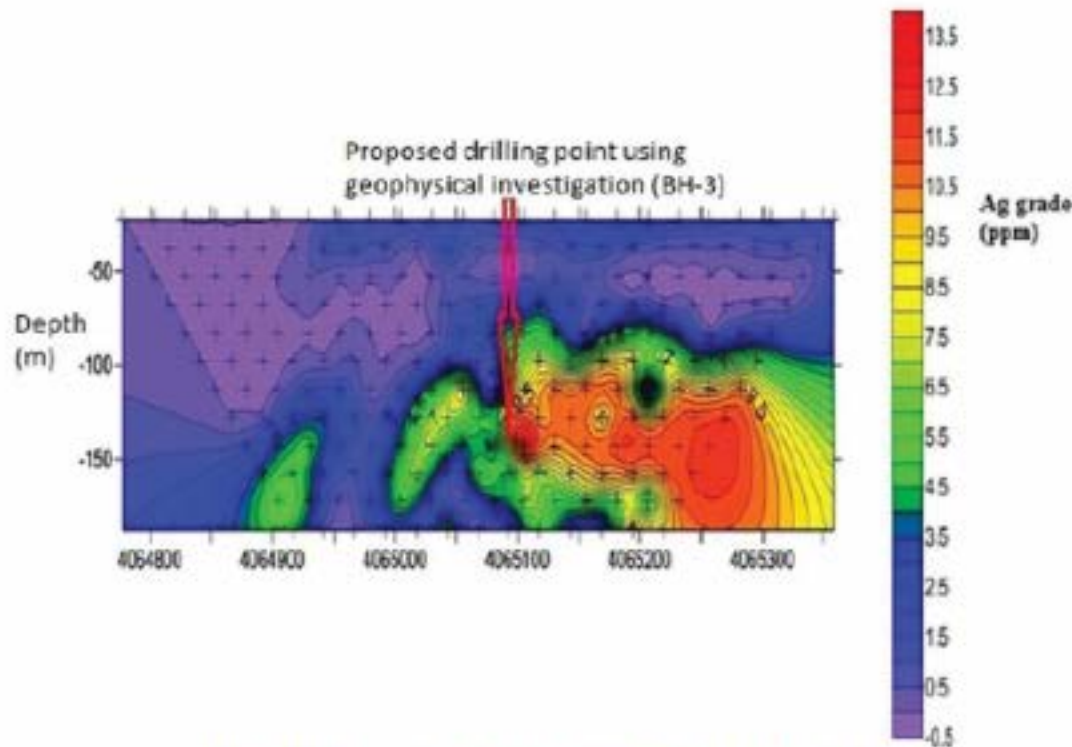


Figure 15. Silver grade model from ANN and surfer for profile 9.

## 6. Conclusions

The measurement noise and the non-linear relationship between the geophysical attributes and ore grade quantities exert difficulties in performing geophysical interpretation reliably. The IP/RS method, as a geophysical-based nondestructive method, is common in problems of predicting potential zones in sulfide ores. Consequently, other viable methods of prediction such as the one proposed in this paper may be deemed necessary in real cases. We successfully implemented and tested an artificially intelligent computational agent (a new cuckoo search-based machine-learning tool) to consider the unknown non-linear relationships between the system variables in our prediction problem (foreseeing the ore grade). Our approach uses the X, Y, and Z coordinates and the IP and RS values as the input system variables. The network seeks the relationship between these input variables adaptively and strives to a desirable output, which is, in our case, the real ore grade values obtained from the direct sampling and analyzing after borehole drilling.

We considered a real site to test our methodology. The Yeganli area in the Zarshouran gold mine case showed that the network could train itself very well with the practically complete correlation between the real ore grade values and the predicted ones (a

correlation coefficient  $R$  close to one). As a double-check, we compared the results of the machine-learning technique with the numerical modeling of the geophysical data performed by Res2DInv. The Res2DInv numerical inversion illustrates the best location for further drillings as the targets of mineral deposits. The network also exhibited a remarkable capability in estimating the unknown zones by comparing the results of ML prediction with the numerical models in three geophysical profiles. The results obtained showed that the network did predict these profiles reliably. There were some disparities in some places between the results of ML and Res2DInv numerical models. We speculate the followings as the possible reasons for this peculiarity:

- The locations of the drilled holes were not exactly on the geophysical profiles.
- The data scattering of the outputs was limited, and there was a specific skewness in data.
- The number of training data (80% of 75 data points) is not sufficient for the network to consider all the different possibilities of various conditions.
- The nature of the machine-learning tools is soft computing, and numerical methods are hard.

- Earth heterogeneity leads us to use the soft computing tools to recognize the hidden pattern better.

The remedy would be obtaining more drilling samples from the profiles and finding the real ore grade values, then augmenting the training of the neural network with the new data and ore grade values. It is also recommended to use the output data with a suitable distribution of all ranges (if possible) in other cases, specifically in disseminated sulfide deposits, in which it has been proven that there is a proper relationship between IP/RS and the mineral grade values. We speculate this would enhance the accuracy of the network predictions considerably.

#### Acknowledgments

The many constructive comments and pieces of advice received during this work from Mr. Mohammad Ebrahim Sabaei, working at the Zarshouran gold mines and Mineral Industries Development Company, are appreciated. Furthermore, we sincerely appreciate the comments received from and the enlightening discussions with our anonymous reviewers that improved the paper.

#### References

- [1] Alimoradi, A. (2006). A comparison between RMSE values of TSP-203 and the real values. MSc. Thesis in Mine Exploration Engineering (Third Chapter), Shahrood University of Technology, 45-64.
- [2] Alimoradi, A., Moradzadeh, A., Naderi, R., Zad Salehi, M. and Etemadi, A. (2008). Prediction of geological hazardous zones in front of a tunnel face using TSP-203 and artificial neural networks, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 23, 711-717.
- [3] Alimoradi, A., Angorani, S., Ebrahimzadeh, M. and Shariat Panahi, M. (2011). Magnetic inverse modelling of a dike using the artificial neural network approach, *Near Surface Geophysics*, 9, 339-347.
- [4] Bishop, C.M. (1995). *Neural networks: for pattern recognition*, 1st edition, Oxford Clarendon.
- [5] Brown, W.M., Gedeon, T.D., Groves, D.I. and Barnes, R.G. (2000). Artificial neural networks: A new method for mineral prospectivity mapping, *Australian Journal of Earth Science*, 47, 757-770.
- [6] Brown, W.M., Gedeon, T.D. and Groves, D.I. (2003). Use of noise to augment training data: A neural network method of mineral potential mapping in regions of limited known deposit examples, *Journal of Natural Resource Research*, 12, 141-152.
- [7] Calderón-Macias, C., Sen, M.K. and Stoffa, P.L. (2001). Artificial neural networks for parameter estimation in geophysics, *Geophysical Prospecting*, 48, 21-47.
- [8] Demuth, H., Beale, M. (2002). *Neural network toolbox for use with MATLAB*, Version 3.0.
- [9] Douglas, W., Oldenburg, Yaoguo, Li. (1999). Estimating depth of investigation in dc resistivity and IP surveys, *Geophysics*, 64, 403-416.
- [10] El-Qady, G., Ushijima, K. (2001). Inversion of DC resistivity data using neural networks, *Geophysical Prospecting*, 49, 417-430.
- [11] Hagan, M.T., Demuth, H.B. and Beale, M. (1996). *Neural network design*, PWS Publishing Company, Boston, MA.
- [12] Hasani Pak, A., Shoja-ati, B. (2000). *Metal-nonmetal ore modeling and their exploration application*, University of Tehran.
- [13] Hosseinali, F. and Alesheikh, A.A. (2008). Weighting spatial information in GIS for copper mining exploration, *Journal of Applied Science*, 5, 1187-1198.
- [14] Loke, M. H. (1999). *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: A practical guide to 2-D and 3-D surveys*, 1-4.
- [15] Nazri, M.N., Abdullah Khan, M.Z.R. (2013). A new Levenberg Marquardt based back propagation algorithm trained with Cuckoo search, *Procedia Technology*, 11, 18-23.
- [16] Porwal, A. (2006). *Mineral potential mapping with mathematical geological models*, PhD thesis, University of Utrecht.
- [17] Poulton, M., El-Fouly, A. (1991). Preprocessing GPR signatures for cascading neural network classification, 61st SEG meeting, Houston, USA, *Expanded Abstracts* 507-509.
- [18] Poulton, M., Sternberg, K., and Glass, C. (1992). Neural network pattern recognition of subsurface EM images, *Journal of Applied Geophysics*, 29, 21-36.
- [19] Sanchez, J.P., Chica-Olmo, M., and Abarca-Hernandez, F. (2003). Artificial neural network as a tool for mineral potential mapping with GIS, *Journal of Remote Sensing*, 24, 1151-1156.
- [20] Selley, R.C., Cocks, R.M. and Plimer, I.R. (2005). *Encyclopedia of geology*, Vol. 1, 1st edition, Elsevier Ltd, Oxford.
- [21] Skabar, A.A. (2005). Mapping mineralization probabilities using multilayer perceptrons, *Journal of Natural Resource Research*, 14, 109-123.
- [22] Singer, D.A. and Kouza, R.A. (1997). Classification of mineral deposit into types using mineralogy with a probabilistic neural network, *Nonrenewable Resources*, 6, 27-32.

## معدنکاری عمیق، فرصت‌ها و چالش‌ها

سامان نقی خانی  
کارشناس ارتش تونل و فضاها  
زیرزمینی



هند، روسیه و لهستان واقع شده‌اند. در این میان عمق میانگین معادن فلزی در آفریقای جنوبی به ۲ کیلومتر رسیده است. بیشترین عمق در معدن طلای Western Deep Level به نزدیک به ۵ کیلومتر رسیده است. نظریه اینکه معدنکاری عمیق بسیار پیچیده و چالش‌برانگیز می‌باشد، پس نیاز مبرم به راه‌حل‌های خلاقانه همراه با بهترین تمرینات احساس می‌شود و همچنین استانداردهای ایمنی بیشتری باید اتخاذ شوند تا بتوان بر این چالش‌ها غلبه کرد و به دست‌آوردهای عظیم اقتصادی رسید. در مقایسه با استخراج منابع کم‌عمق، معدنکاری عمیق با حوادثی از قبیل انفجار سنگ، حفاری‌های بزرگ‌مقیاس و هجوم مخلوط زغال، آب و گاز همراه است. این حوادث عموماً در طبیعت

با افزایش ورود مشتریان به بازار مواد معدنی و افزایش سطح استاندارد زندگی در جهان، مصرف مواد معدنی به سرعت در حال افزایش است. این عامل باعث شده است که مقدار ذخایر معدنی و زغال در اعماق کم به تدریج به اتمام رسیده، و بهره‌برداری از زغال و منابع معدنی در اعماق بیشتر زمین مورد توجه زمین‌شناسان اکتشافی و مهندسان معدن قرار گرفته است. در حال حاضر، معدنکاری عمیق در عمق ۱ کیلومتری از سطح زمین امری طبیعی است؛ به طوری‌که عمق معادن زغال به ۱۵ کیلومتر، عمق بهره‌برداری زمین‌گرمایی به بیش از ۵۰۰۰ متر، عمق معادن فلزی غیرآهنی به حدود ۴۵ کیلومتر و در نهایت عمق بهره‌برداری نفت و گاز به حدود ۷۵



کیلومتر رسیده است. پس می‌توان اظهار کرد که معدنکاری عمیق در آینده به صورت گسترده مرسوم خواهد شد. این صنعت در لهستان، آلمان، بریتانیا، ژاپن و فرانسه به عمق بیش از ۱ کیلومتر رسیده است. در خصوص معادن فلزی، حداقل ۸۰ معدن با عمق بیش از یک کیلومتر وجود دارند که بیش‌تر آن‌ها در آفریقای جنوبی، کانادا، ایالات متحده،

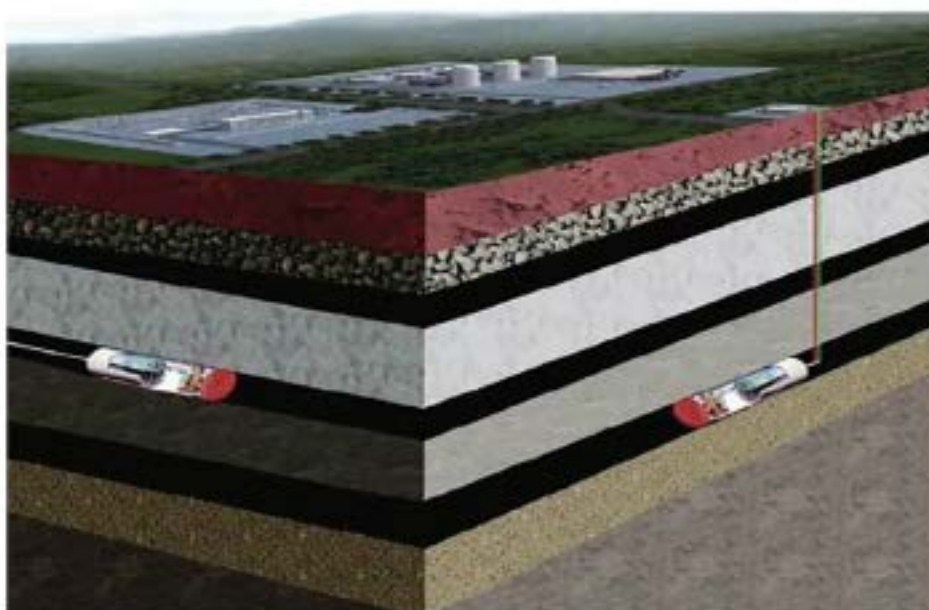
شیبه‌سازی کند. در بین مراکز مهم ژئومکانیکی، آزمایشگاه Deep Earth Energy در دانشگاه موناش استرالیا، تاسیسات تحقیقاتی به‌روزی جهت انجام تحقیقات پیشرفته بر روی مشخصات و خردایش سنگ دارد. تجهیزات بزرگ مقیاس شامل سکوهای سه‌محوره‌ی پیشرفته دمبالا و فشاربالا هستند. تجهیزات با مقیاس کلان توسط دستگاه‌های برش و دستگاه سیلاب هسته‌ای (مغزه‌ای)، یک سکوی سه‌محوره فشار بالا، و یک محفظه‌ی تست هیدرومکانیکی فشاربالا، در کنار دستگاه فشارسنج سه‌بعدی هایپرنسئون برای تست رفتار سنگ حین شکست معرفی می‌شوند. تجهیزات کوچک مقیاس شامل تاسیسات میکروسکوپی پرتو ایکس برای تصویربرداری سه بعدی، پرتوگرافی مقطعی رایانه‌ای، میکروسکوپ الکترونی روبشی، و دستگاه XRD است. نصب تمام تجهیزات فوق توسط روش المان محدود (FEM)، روش تفاضل محدود (FDM)، و روش PFC انجام می‌پذیرد. این آزمایش رژیم‌های مدلسازی چهارمرحله‌ای آزمایشگاهی و عددی را اتخاذ می‌کند تا تمام پروسه را از فاز کوچک مقیاس تا مقیاس ذخیره در بر گیرد، تا بتوان مشاهدات کوچک مقیاس (خردایش



پیچیده بوده و به سختی قابل پیش‌بینی و کنترل هستند. ویژگی‌های توده‌سنگ و شرایط مرزی در معادن عمیق علل اصلی فجایع معدنکاری عمیق هستند. برای مثال، در معدنی با عمق بیش از یک کیلومتر، تنش‌های برجا که به دلیل وجود روباره، شرایط تکتونیک و فعالیت‌های معدنکاری می‌توانند باعث ایجاد تمرکز تنش شده که خسارت و شکستگی‌هایی را در اطراف توده‌سنگ سبب می‌شوند. تحت شرایط تنش زیاد و دمای بالا و فشار بالای آب، اختلالات ناشی از فعالیت‌های معدنکاری می‌تواند منجر به تخریب ناگهانی و غیرقابل پیش‌بینی توده سنگ شده، که توسط طیف وسیعی از خرابی و ناپایداری‌ها نشان داده می‌شوند. همچنین، تغییر شکل و مشخصات شکست توده‌سنگ‌ها در اعماق زیاد عموماً نشان‌دهنده‌ی رفتارهای شدید وابسته به زمان هستند. به منظور غلبه بر مشکلات مکانیک‌سنگی و معدنکاری عمیق، مطالعات مختلفی توسط محققان انجام شده است. از مهم‌ترین آنها می‌توان به نحوه‌ی کنترل زمین در معادن عمیق، معدنکاری هوشمند، معدنکاری پیشرفته با سیکل پیوسته و TBM و معدنکاری بستر سیال اشاره کرد. علاوه بر این، در دو دهه اخیر، پیشرفت‌های وسیعی در زمینه‌ی تاسیسات آزمایشگاهی و نرم‌افزارهای عددی در سراسر جهان رخ داده است که قادر به شبیه‌سازی رفتار واقعی سنگ تحت شرایط تنش برجا هستند. برای مثال در استرالیا، آزمایشگاه مکانیک سنگ CSIRO تاسیساتی دارد که می‌تواند رفتار واقعی سنگ را در معدنکاری عمیق با استفاده از آخرین سکوی سه‌محوره ساخته شده، تاسیسات سیلاب هسته‌ای (مغزه‌ای)، و ابزارهای عددی

حقیقی، لیچینگ، رفتارهای سیال‌گونه، محیط‌های منفذی موجود، و خمیدگی در جریان سیال از میان فضاها (منفذی) را در زمینه آن‌ها، و پاسخ کنسنگ و رفتار وابسته به زمان آن را شناخت. مطالعه روابط بین این چهار مقیاس در اخذ مشخصات زمین‌شناسی مهم برای یک مدل جامع در مقیاس ذخیره در شرایط حقیقی ضروری است. به عنوان یک نتیجه کلی: برخی از چالش‌ها، پیشرفت‌ها، و مسائل احتمالی در معدنکاری عمیق به طور خلاصه به شرح قابل توصیف می‌باشند.

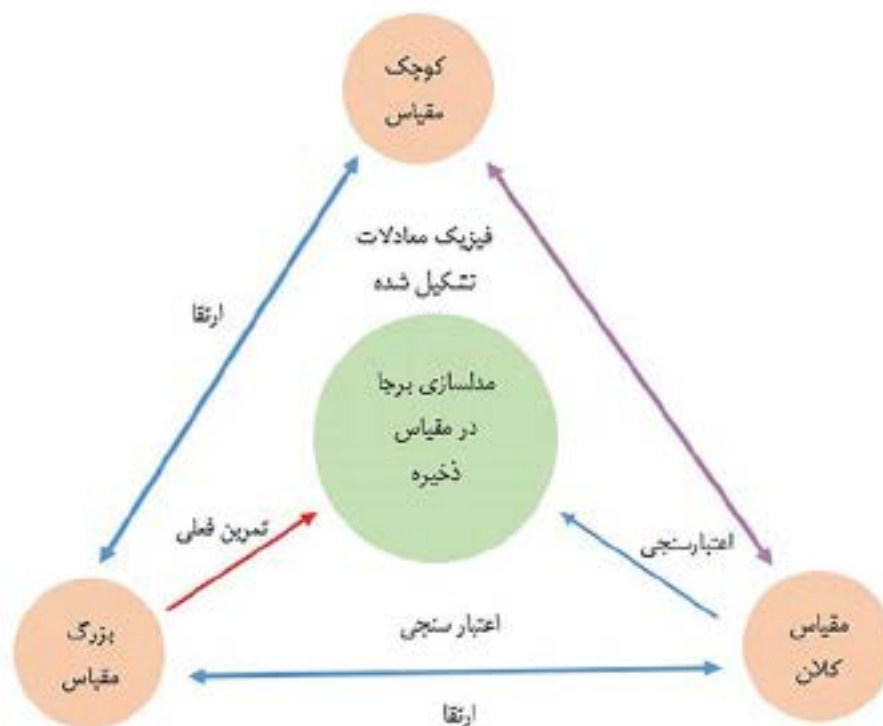
- ۱- معدنکاری عمیق در آینده با اتمام تدریجی ذخایر زغال و مواد معدنی در اعماق سطحی مرسوم خواهد شد. پیشرفت معدنکاری عمیق محدود بوده و از پیشرفت‌های مکانیک‌سنگی و تکنولوژی ماشین‌آلات تاثیر می‌گیرد. همچنین، نظریات و تکنولوژی‌های جدید برای معدنکاری عمیق، به‌خصوص با در نظر گرفتن تنش‌های برجا و القایی بالا در معادن به همراه سایر شرایط مرزی که در اعماق زیاد یافت می‌شوند، ضروری هستند.
- ۲- برخی از مقادیر کنترلی برای فجایع معدنی نظیر تغییر شکل سنگ‌های محصورکننده، انفجار سنگ،



واحد معدن

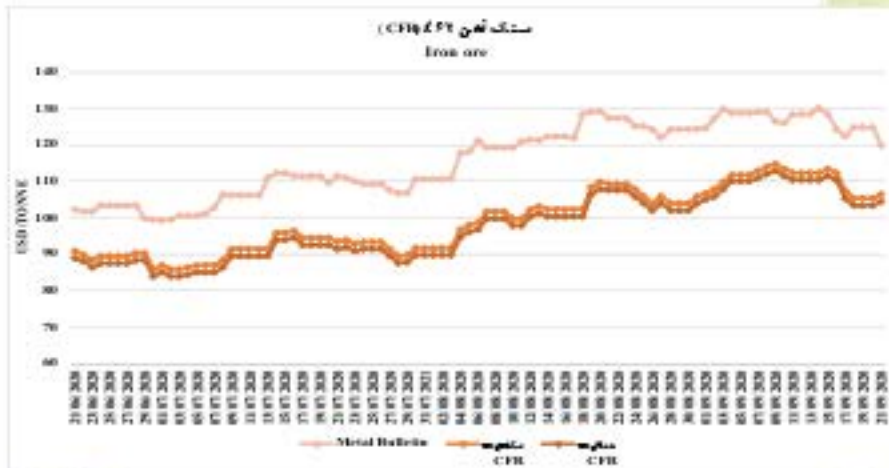
مرتب سازی،  
پالایش و واحد  
پرکنگازرسانی و واحد  
تولید تیروگاز یا برق، خطوط  
لوله انتقال تیرو

و هجوم مخلوط زغال-گاز و آب ارتقا یافته و اجرا شده است. هرچند که پیشرفت روش‌های بحرانی در معدنکاری عمیق، نظیر روش‌های کنترل و پایش تغییرشکل‌های القایی سنگ ناشی از معدنکاری، ایمنی، معدنکاری سبب در معادن زغال، و استخراج مشترک در معادن فلزی، در حال پیشرفت است. ۳- با توسعه‌ی سریع تکنولوژی‌های به‌روز، بسیاری از مشکلات بحرانی که پیشرفت معدنکاری عمیق را محدود می‌کنند، از بین خواهند رفت، خواه به صورت مستقل یا به واسطه‌ی تلفیقی از معدنکاری هوشمند، معدنکاری با سیکل پیوسته برای معادن فلزی، و معدنکاری سیال برای ذخایر زغالی عمیق؛ تمام آن‌ها بیانگر روش‌های غالب معدنکاری عمیق در آینده هستند. معدنکاری عمیق به سمت تمام خودکار، تمام هوشمند و تمام مکانیزه‌شدن پیش می‌رود. ۴- تکنولوژی‌های جدید معدنکاری در حال توسعه به منظور شناسایی و بهره‌برداری از ذخایر غیرقابل دسترس گذشته هستند، تا بتوانند نیاز روزافزون جهانی را تأمین کنند. استخراج بستر دریا که مشخصاً نهشته‌های سولفیدی توده‌ای بستر دریا، پوسته‌های آهن منگنز، و ندول‌های فلزی را مد نظر قرار داده است، نیازمند روش‌های جدیدی برای بازیابی ماده است.



## تحلیل اقتصادی و بازاریابی محصولات معدنی

## سنگ آهن



قیمت سنگ آهن در سه ماهه تابستان روندی صعودی داشت. افزایش تقاضا، رشد قیمت فولاد و محصولات فولادی از جمله میلگرد، کاهش تنش های ساسی و تجاری بین آمریکا و چین و از سر گیری و تشدید تنش های دیپلماتیک میان چین و استرالیا از جمله دلایل افزایش قیمت سنگ آهن بوده است.

- سنگ آهن در این فصل با قیمت ۱۰۲/۴۲ دلار به ازای هر تن شروع به معامله کرد و با ۱۶/۹۹ درصد افزایش قیمت در پایان فصل به ۱۱۹/۸۲ دلار به ازای هر تن رسید.

- کنسائتره به طور متوسط در سه ماهه دوم سال با قیمت ۱۱۶/۱۳ دلار به ازای هر تن معامله گردید و بیشینه آن در تاریخ ۲۴ شهریور با قیمت ۱۳۰/۱۷ دلار به ازای هر تن و کمینه آن در تاریخ ۱۱ تیر با قیمت ۹۹/۱۷ دلار به ازای هر تن معامله شد.

## طلا

طلای به عنوان ماده معدنی سرمایه ای در سه ماهه تابستان روند صعودی را پشت سر گذاشت. کاهش ارزش دلار، تحولات و تنش ها در خاورمیانه، پایین بودن نرخ بهره در آمریکا، کاهش تولید، و افزایش اختلافات بین چین و آمریکا از محرک های قیمت طلا گزارش شده است.

- طلا در این فصل با ۱۷۳۲/۸۰ دلار به ازای هر تروزی اونس شروع به معامله کرد و با ۱۰/۴۸ درصد افزایش قیمت در پایان آن به ۱۹۱۰/۹۰ دلار به ازای هر تروزی اونس رسید.

- متوسط قیمت طلا در سه ماهه ی دوم سال ۹۹۰ با قیمت ۱۸۹۷/۱۷ دلار به ازای هر تروزی اونس معامله گشت و قیمت بیشینه آن در تاریخ ۱۶ شهریور با مبلغ ۲۰۶۵/۶۰ دلار به ازای هر تروزی اونس و قیمت کمینه آن در تاریخ ۱ تیر با مبلغ ۱۷۳۲/۸۰ دلار به ازای هر تروزی اونس معامله شد.

- دامنه ی نوسان قیمت طلا در سه ماهه دوم ۳۲۲/۸۰ دلار به ازای هر تروزی اونس بود.

اگرچه به دلیل همه گیری بیماری کرونا میزان مصرف طلا در نیمه اول سال ۲۰۲۰ حدود ۵/۹ درصد کاهش یافته است، اما پیش بینی می شد میزان مصرف طلای جهانی سال های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ با نرخ رشد سالانه ۲/۸ درصد افزایش یابد. شکل زیر میزان مصرف طلا از سال ۲۰۱۲ و پیش بینی آن تا سال ۲۰۲۲ را نشان می دهد. بیشترین میزان مصرف در بخش جواهرات پیش بینی می شود.





## کاوشگران از نگاه بنیان گذار

### مهندس فرزانه رفیعا

بعد از انقلاب و با خروج شرکتها و کارشناسان خارجی، جای یک مشاور تخصصی در بخش معدن کاملاً عیان بود، براین اساس با دوستان و همکاران دانشگاهی خود صحبت کردم و در سال ۱۳۶۲ با همکاری اساتید دانشجویان عموماً دانشکده فنی تهران، مبادرت به تاسیس شرکت مهندسی مشاور کاوشگران نمودم. در طول قریب به ۳۷ سال گذشته با مشکلات و فراز و فرودهای زیادی روبرو بودم از جمله تحریم کالا و دانش فنی و مشکلات نقدینگی و کمیبود نیروهای زبده، ولی به حمدالله با تلاش همکاران م در حال حاضر با داشته چهار رتبه یک و ۳ رتبه دو و سه از سازمان مدیریت و برنامه ریزی، در زمینه های مختلف استخراج و اکتشاف معدن و با داشتن قریب به دویست نفر بعنوان قدیمی



ترین شرکت مهندسی در بخش معدن مشغول به فعالیت هستیم. در طول این چندسال با انجام پروژه کوچک و بزرگ، تعداد زیادی از دانش آموختگان صنعت و معدن با ما همکاری کردند که در حال حاضر در اقصا نقاط ایران و دنیا در شرکتهای مختلف سرآمد می باشند مفتخرم که بگویم شرکت کاوشگران در چهار دهه اخیر تا کنون هیچ فعالیت نیمه کاره ای نداشته و کلیه پروژه های خود را تا انتها راهبری نموده است امیدوارم با ورود جوانان با تجربه در عرصه مدیریتی این شرکت، همچنان نام این شرکت با خوشنامی درخشیده و موتور محرکه آن با توان مضاعف در مسیر تعالی حرکت خود را ادامه دهد.



حامد امیری

کارشناس ارشد استخراج معدن

## نیاز انسان به مواد معدنی در طول عمر

مواد معدنی از مهمترین نیازهای هر بشر در طول زندگی خود می باشد. محققان بااستناد به داده‌های بدست آمده از انجمن ملی معدن، سازمان زمین‌شناسی و اداره اطلاعات انرژی ایالت متحده نشان دادند با فرض اینکه میانگین امید به زندگی در ایالت متحده ۷۸ / ۶ باشد، هر انسان به ۱/۵ میلیون کیلوگرم مواد معدنی متشکل از فلزات و سوخت‌های فسیلی نیاز دارد. مقدار مصرفی هریک از مواد معدنی به تفکیک در ادامه آورده شده است.



مس (Copper)  
۴۳۱ کیلوگرم



طلا (Gold)  
۴۷،۹ گرم



رس (Clay)  
۵،۲۶۸ کیلوگرم



سرب (Lead)  
۳۹۵ کیلوگرم



سنگ آهن (Iron Ore)  
۹،۸۱۸ کیلوگرم



روی (Zinc)  
۲۲۸ کیلوگرم



زغال (Coal)  
۱۲۷،۱۱۷ کیلوگرم



بوکسیت (آلمینیوم)  
(Aluminum Bauxite)  
۱،۲۲۱ کیلوگرم



نمک (Salt)  
۱۳،۴۹ کیلوگرم



سیمان (Cement)  
۲۴،۴۲۵ کیلوگرم



سنگ فسفات  
(Phosphate Rock)  
۶،۰۰۲ کیلوگرم



نفت (Petroleum)  
۷۵،۱۱۴ بشکه



گاز طبیعی  
(Natural Gas)  
۲۲۵،۶۸۵ مترمکعب



دیگر مواد معدنی و فلزات  
۲۶،۶۵۷ کیلوگرم

## مدیران و کارشناسان ارشد کاوشگران از گذشته تا به امروز

تداوم ۳۷ ساله شرکت مهندسين مشاور کاوشگران به عنوان یکی از قدیمی ترین شرکت های مشاور در حوزه مهندسی معدن و زمین شناسی موضوعی است که به سادگی نمیتوان از کنار عظمت و اهمیت آن گذشت و شایسته است همواره از آن به عنوان یکی از افتخارات بزرگ انجمن صنفی شرکت های مهندسين مشاور یاد نمود. بدیهی است این افتخار بزرگ در وهله نخست مرهون زحمات کسانی است که در دوره های مختلف در سمت ها و نقش های گوناگون، هر یک بخشی از این چرخه حیات را بر دوش کشیده اند. از همین رو بر آن شدیم که با ورق زدن تاریخچه ی ۳۷ ساله این مهندسين مشاور، یاد بزرگانی که طی سال های گذشته با این شرکت همکاری داشته اند، حداقل با ذکر نامشان گرامی بداریم.



مهندس فرزانه رفیعا  
عضو هیئت موسس و مدیر  
عامل اسبق شرکت مهندسين  
مشاور کاوشگران (مقیم امریکا)



دکتر حسین نعمت الهی  
دکتوری کانه آرایسی از دانشگاه  
اورلئان فرانسه  
استاد بازنشسته دانشگاه تهران



مهندس علیرضا شیوانی  
کارشناس ارشد اکتشاف، مدیر  
عامل و رئیس هیئت مدیره اسبق  
مهندسين مشاور کاوشگران



مهندس ابوالقاسم امامی  
نایب رئیس هیئت مدیره اسبق  
مهندسين مشاور کاوشگران



مهندس سیف اله شفاعت دوست  
عضو هیئت موسس شرکت  
مهندسين مشاور کاوشگران



مهندس مهرداد شکوهی رازی  
عضو هیئت موسس کاوشگران  
و رئیس اسبق سازمان نظام  
مهندسی معدن تهران



مهندس محمد حسن نبوی  
زمین شناس ارشد - استاد  
دانشگاه، بازنشسته سازمان زمین  
شناسی و اکتشافات معدنی کشور



دکتر مسیب سبزه ای  
دکتوری زمین شناسی - استاد  
دانشگاه - بازنشسته سازمان زمین  
شناسی و اکتشافات معدنی کشور



مهندس علیرضا باباخانی  
مدیرعامل شرکت پیچاپ کانسار  
بازنشسته سازمان زمین شناسی و  
اکتشافات معدنی کشور



مهندس مهران عظیمی  
کارشناس ارشد مکانیک سنگ  
مدیر ارشد شرکت Ercosplan  
آلمان



مهندس علی حسنعلیزاده  
زمین شناس ارشد - عضو هیئت  
مشاوران El Nino Venture کانادا



دکتر بزار قدرتی  
دکتری استخراج معدن - استاد  
Lulea University of  
technology



مهندس ارزنگ بهروزی  
زمین شناس ارشد - بازنشسته  
سازمان زمین شناسی و اکتشافات  
معدنی کشور



مهندس منصور صمیمی تمین  
زمین شناس ارشد - بازنشسته  
سازمان زمین شناسی و اکتشافات  
معدنی کشور



مهندس مهنا معتضد منجمی  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
مدیرعامل شرکت معیار صنعت  
خاورمیانه



مهندس رنه کاراپتیان  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
(مقیم کانادا)



دکتر مجید نبوی  
دکتری مدیریت تولید  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
(مقیم کانادا)



مهندس بهرام سامانی  
مدیر اسبق سازمان انرژی اتمی



مهندس روانبخش امیری  
دکتری مهندسی معدن از دانشگاه  
Aachen آلمان



مهندس کیوان صمدانی  
کارشناس ارشد طراحی کمپانی  
Datamine (انگلستان)



مهندس مسعود انصافی  
کارشناس ارشد استخراج معدن  
شرکت Agricorp کانادا



مهندس علی هومن عربشاهی  
کارشناس ارشد زمین شناسی  
اقتصادی - مدیر سابق واحد زمین  
شناسی کاوشگران



دکتر اندیشه علیمراد  
دکتری ژئوفیزیک اکتشافی - عضو  
هیئت علمی دانشگاه بین المللی  
امام خمینی (ره) قزوین



دکتر مصطفی اسدی زاده  
دکتری مکانیک سنگ -  
عضو هیئت علمی دانشگاه  
صنعتی همدان



دکتر مزگان هادی مصباح  
دکتری زمین شناسی - عضو  
هیئت علمی دانشگاه Manchester  
انگلستان



دکتر مائده طیبی  
دکتری فرآوری مواد معدنی  
شرکت Core Resource استرالیا



کانون آموزش  
مهندسی مشاور

آدرس :

انتهای ستاری شمال، خیابان  
زیتون، نبش چمران، کوچه  
ارغوان یکم، پلاک ۴

تماس با ما

تلفن +۹۸۲۱۴۴۸۰۶۰۷۰

فکس +۹۸۲۱۴۴۸۰۸۱۶۶

ایمیل [info@kce.ir](mailto:info@kce.ir)

وب سایت [www.kce.ir](http://www.kce.ir)