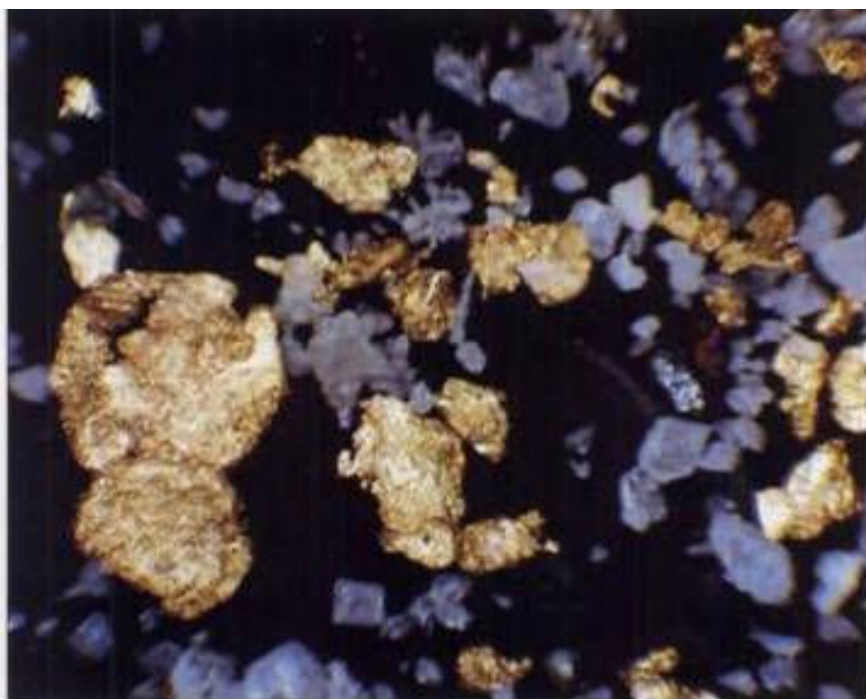




وزارت صنایع و معادن
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
معاونت اکتشاف
مدیریت کانه‌آرایی و فرآوری

بررسی‌های آزمایشگاهی فرآوری کنسار طلای بزمان (فاز اول)



کاری از :

میرزا آقا محمدی

با همکاری:

سید عباس فاضلی

مهرماه ۱۳۸۹

تقدیر و تشکر

سپاس فراوان خداوندی را که توفیق عطا فرمود تا انجام این تحقیق به پایان رسد که در انجام آن افراد زیادی سهمیم بودند و بدون شک بدون همکاری و همفکری آن عزیزان انجام این مهم، سخت و دشوار می‌نمود. لذا بر خود لازم می‌بینم که از زحمات افراد ذیل تشکر و قدردانی نمایم:

از جناب آقای مهندی عابدیان معاونت محترم اکتشاف و جناب آقای مهندس امینی مدیریت محترم کانه‌آرایی و فرآوری به خاطر فراهم آوردن مقدمات نمونه‌گیری و پشتیبانی مجدانه از کارهای تحقیقاتی.

از جناب آقای مهندس جرجندی به خاطر نمونه‌برداری.

از جناب آقای مهندس زمردیان به خاطر فراهم آوردن اطلاعات زمین‌شناسی

از تکنسین گروه فرآوری آقای شیرازی به خاطر نهایت دقت در آماده سازی نمونه و کمک در

انجام آزمایشها.

از مدیریت آزمایشگاهها جناب آقای مهندس معمار، سرکار خانم جانبخش، سرکار خانم

کریمی و سرکار خانم آجوری به خاطر همکاری و تسریع در آنالیز نمونه‌ها.

از سرکار خانم مهندس نوربخش و خانم مهندس جعفری به خاطر انجام آزمایشات دقیق XRD

چکیده

کانسار طلای بزمان در شمال خاوری شهرستان پیرانشهر واقع شده است. طبق مطالعات کانی‌شناسی نمونه کانسنگ طلای بزمان حاوی کوارتز، ایلیت و ژپس بوده و دارای بیش از ۸۰ درصد اکسید سیلیسیم (SiO_2) است که نشان می‌دهد کانسنگ از نوع سیلیسی است. نمونه کانسنگ طلای بزمان مورد بررسی حاوی $1/1$ ppm طلا و $2/95$ ppm نقره است که به روش ثقلی در دانه‌بندی ۸۰- مش ۲۶ درصد طلا با عیار ۶ ppm قابل بازیابی است. شرایط بهینه برای بازیابی طلا و نقره به روش سیانوراسیون عبارتند از: زمان خردایش (دانه بندی) ۶۰ دقیقه ($d_{80}=100$ میکرون)، غلظت سیانور ۰/۱ درصد، درصد جامد ۴۰ درصد، pH ۱۰/۴ (طبیعی محلول) و زمان لیچینگ ۷ ساعت. در این شرایط ۸۴ درصد طلا و ۶۹ درصد نقره قابل بازیابی است. نتایج بدست آمده از آزمایش‌های سیانوراسیون بسیار مطلوب می‌باشد. لذا پیشنهاد شد در صورت وجود ذخیره قابل توجه، اکتشافات تفصیلی ادامه یافته و آزمایشات تکمیلی بر روی نمونه‌های حاصل از حفر گمانه‌ها انجام شود.

فهرست مطالب

فصل ۱	۱
۱- تاریخچه	۱
۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی	۳
۳- کانی شناسی طلا	۵
۴- کانسارها و طبقه بندی مواد حاوی طلا	۵
۵- روشهای کانه آرای کانسنگ های طلا	۷
۵-۱ روش ملقمه سازی یا آمالگاماسیون	۷
۵-۲ روشهای ثقلی	۸
۶- سیانوراسیون	۸
فصل ۲	۱۰
۱- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی منطقه	۱۰
۲- وضعیت اجتماعی ، اقلیمی و فرهنگی منطقه	۱۲
۲-۱- وضعیت اجتماعی	۱۲
۲-۲ بارندگی	۱۳
۲-۳ عوارض طبیعی استان	۱۳
۲-۴-۲ دما	۱۳
۳- زمین شناسی عمومی منطقه (بر مبنای نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه سنگی)	۱۴
۳-۱- زمین ریخت شناسی	۱۴
۳-۲- زمین شناسی و چینه شناسی	۱۵
۳-۳- تکتونیک	۲۲
۴- پیشینه مطالعات و کارهای انجام شده قبلی در محدوده بزمان	۲۵

۲۶.....۵- نمونه برداری تکنولوژیکی

فصل ۳..... ۲۸

۲۸.....۱- آماده سازی نمونه

۲۸.....۱-۱- آماده سازی کلی نمونه

۳۰.....۲-۱- آماده سازی نمونه برای آنالیز کلی و طلا

۳۰.....۳-۱- آماده سازی نمونه برای آزمایش های میز لرزان

۳۰.....۴-۱- آماده سازی نمونه برای آزمایش های سیانوراسیون

۳۴.....۲- اندازه گیری طلا

۳۴.....۱-۲- اندازه گیری طلا بصورت جامد

۳۵.....۲-۲- اندازه گیری محلولهای سیانوری طلا

۳۶.....۳- اندازه گیری سیانور آزاد

۳۷.....۴- تخمین سیانور مصرفی توسط کانسنگ

۳۷.....۵- آزمایش ثقلی

۳۷.....۶- سیانوراسیون همزنی

فصل ۴..... ۴۰

۴۰.....۱- شناسایی نمونه

۴۰.....۱-۱- تعیین ترکیب شیمیایی نمونه بوسیله XRF و آنالیز تر

۴۰.....۲-۱- تعیین کیفی ترکیب کانی شناسی به روش XRD

۴۳.....۳-۱- تعیین مقدار طلا و نقره

۴۳.....۴-۱- تعیین عناصر مضر از دیدگاه فرآیند

۴۴.....۵-۱- وزن مخصوص و رطوبت

۴۴.....۲- آزمایشهای ثقلی

سیانوراسیون.....	۳-	۴۴
تخمین سیانور مصرفی.....	۳-۱-	۴۴
سیانوراسیون به روش همزنی.....	۳-۲-	۴۵
ارزیابی بازیابی طلا.....	۳-۲-۱-	۴۶
ارزیابی بازیابی نقره.....	۳-۲-۲-	۵۲
ارزیابی بازدهی اقتصادی.....	۳-۲-۳-	۵۵

فصل ۵..... ۵۹

نتیجه گیری.....	۱-	۵۹
پیشنهادات.....	۲-	۶۰

پیوستها ۶۳

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، اتمی و ترمودینامیکی طلا ۴
- جدول (۲-۱): کانیهای طلا ۶
- جدول (۱-۲): موقعیت و میزان نمونه‌های برداشت شده از کانسار بزمان ۲۷
- جدول (۱-۳): شرایط انجام آزمایش‌های میز ۳۷
- جدول (۱-۴): ترکیب شیمیایی نمونه کانسار طلای بزمان ۴۱
- جدول (۲-۴): ترکیب کانی شناسی نمونه کانسنگ طلای بزمان ۴۱
- جدول (۳-۴): عیار عناصر مضر از دیدگاه فرآیند ۴۳
- جدول (۴-۴): نتایج آزمایش‌های میز لرزان برای بازیابی طلا ۴۵
- جدول (۵-۴): عوامل و سطوح آن ۴۶
- جدول (۶-۴): طرح آزمایش‌های سیانوراسیون به همراه بازیابی طلا نقره، مصرف سیانور و بازدهی اقتصادی ۴۷
- جدول (۷-۴): جدول ANOVA بازیابی طلا ۵۰
- جدول (۸-۴): شرایط بهینه بازیابی طلا ۵۱
- جدول (۹-۴): فاصله اطمینان برای بازیابی طلا در شرایط بهینه ۵۱
- جدول (۱۰-۴): جدول ANOVA بازیابی نقره ۵۳
- جدول (۱۱-۴): شرایط بهینه بازیابی نقره ۵۴
- جدول (۱۲-۴): فاصله اطمینان برای بازیابی نقره در شرایط بهینه ۵۵
- جدول (۱۳-۴): جدول ANOVA بازدهی اقتصادی ۵۶
- جدول (۱۴-۴): شرایط بهینه بازدهی اقتصادی ۵۸
- جدول (۱۵-۴): فاصله اطمینان برای بازدهی اقتصادی در شرایط بهینه ۵۸

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): نمایی از محدوده اکتشافی چاه نعلی بزمان در فصل زمستان ۱۱
- شکل (۲-۲): موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده چاه نعلی در نقشه ایران ۱۱
- شکل (۳-۲): عکس-نقشه ماهواره ای موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده چاه نعلی ۱۲
- شکل (۴-۲): نقشه زمین‌شناسی اطراف محدوده چاه نلی (برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ چاه سنگی)..... ۲۳
- شکل (۵-۲): راهنمای نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ چاه سنگی ۲۴
- شکل (۱-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه ۲۹
- شکل (۲-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه جهت شناسایی نمونه ۳۱
- شکل (۳-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه برای آزمایش‌های میز ۳۲
- شکل (۴-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه برای آزمایش‌های سیانوراسیون ۳۳
- شکل (۱-۴): نمودار XRD نمونه کانسنگ طلای بزمان ۴۲
- شکل (۲-۴): نمودار بازیابی-زمان برای طلا ۴۸
- شکل (۳-۴): نمودار بازیابی-زمان برای نقره ۴۸
- شکل (۴-۴): نمودار مصرف سیانور ۴۹
- شکل (۵-۴): نمودار بازدهی اقتصادی-زمان ۴۹
- شکل (۶-۴): نمودار تاثیر دانه‌بندی بر بازیابی طلا ۵۰
- شکل (۷-۴): نمودار تاثیر غلظت سیانور بر بازیابی طلا ۵۱
- شکل (۸-۴): نمودار تاثیر غلظت سیانور بر بازیابی نقره ۵۳
- شکل (۹-۴): نمودار تاثیر pH بر بازیابی نقره ۵۴
- شکل (۱۰-۴): نمودار تاثیر دانه‌بندی بر بازدهی اقتصادی ۵۷
- شکل (۱۱-۴): نمودار تاثیر غلظت سیانور بر بازدهی اقتصادی ۵۷

فصل ۱

کلیات

۱- تاریخچه

طلا اولین عنصری است که توسط انسان شناخته شده است. قدیمی‌ترین یافته‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهد مصریان در حدود ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح و سومریها در حدود ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح با این فلز آشنا بوده‌اند. در کتب تاریخی طلا اولین بار در نوشته‌های هندی به چشم می‌خورد.

در همین دوره مصریان به عنوان ثروتمندترین تمدن تولیدکننده طلا در دنیای قدیم، شروع به پالایش طلا کردند. آنها نیز همانند سومریان از طلا علاوه بر مصارف پولی و مالی، به عنوان زیورآلات استفاده کرده‌اند. اگر چه مصریان در دوره پادشاهان سلسله چهارم تا ششم (۲۷۰۰ تا ۲۲۷۰ سال قبل از میلاد مسیح) از طلا جهت مبادلات اقتصادی استفاده می‌کردند، اما اولین سکه‌های ضرب شده از طلای ناب در زمان پادشاهی کروسوس (۵۴۶-۵۶۰ قبل از میلاد) بوده است. کروسوس حکمران منطقه لیدی قدیم (غرب ترکیه امروزی) بوده است. نشان سلطنتی و صحنه رویارویی روسوس با سر یک شیر و یک گاو نر بر روی این سکه‌ها آنها را به عنوان اولین سکه‌های استاندارد در مبادلات تجاری و بازرگانی جهان آن روز جریان داشت.

در یونان باستان، سکه‌های طلا در سده‌های هفتم و هشتم پیش از میلاد رایج بوده است. در ارمنستان استفاده از سکه‌های طلا در سده اول پیش از میلاد شروع شد. قدیمی‌ترین معادن طلا در هندوستان و نوبیا (آفریقای شمال شرقی) پیدا شده است.

هندی ها اولین بار در کتاب مقدس شان (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) به طلا اشاره کرده اند. قدیمی ترین معدن طلا (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) در بین النهرین، در خاورمیانه و مربوط به سومریان بوده است. یافته ها نشان می دهد که بین سال های ۲۶۵۴ تا ۲۶۸۵ قبل از میلاد در آبی‌دوس (Abydos) و نگده (Nagada) مصر، زرگری مرسوم بوده است. این زمان به پیش از تاریخ استفاده از نقره برمی گردد. در این زمان استفاده از طلا در جواهر سازی و تزئینات، بجز برای فرعونیان، خانواده آنها، کاهنین و مقامات بلند پایه ممنوع بود. بر اساس اطلاعات محلی در مصر، طلا برای اولین بار در نیل آبی و معادن خاص گزارش شده به سال ۲۲۰۰ قبل از میلاد برمی گردد. گنجینه های عظیم یافت شده در مقبره فرعون توتانخامون (TutanKhamun) که در سال ۱۳۵۰ قبل از میلاد مسیح دفن شده، شاهدهی بر مهارتهای بالای زرگری در مصر است. تابوت او شامل ۱۱۰ کیلوگرم طلای ناب است که چهره وی بر روی آن با دست کنده کاری و تزئین شده است.

صدها سال بعد در تمدن اینکاها (Incas) در آمریکای جنوبی، طلا ارتباط تنگاتنگی با پرستش خدا پیدا کرد. بطوریکه معبدی برای خورشید، بنام کوری کانچا (Coricancha) در کوزکو (Cuzco) بنا نهاده شد که پایتخت اینکاها در قرن چهاردهم شد. سقف کاه گلی آن دارای رشته هایی از طلا و روی آن سرشار از تزئینات و سریر زرین بود.

گیریشمن در کتاب «ایران از آغاز تا اسلام» می نویسد، در دوران هخامنشی در ناحیه کرمان طلا و نقره استخراج می کردند. باستان شناسان عقیده دارند که در ایران طلا از هزاره سوم قبل از میلاد مورد استفاده قرار می گرفته و از آن اشیاء زینتی درست می کردند. برای اولین بار سکه طلا در ایران در دوره هخامنشی ضرب شد. این سکه «داریک» نام داشت. به طلا در زبان اوستا «زره نه» و «زرنه اینه» و در زبان پارسی باستان «زرنه» و در زبان پهلوی «زر» می گفتند. از نظر قدمت، قدیمی ترین معدن طلایی که اسم آن در تاریخ آمده معدن «سیستان» و پس از آن معدن «کوه زر دامغان» است. فعالیت معدن طلای موه اصفهان نیز به احتمال قوی به ۸ هزار سال پیش بر می گردد. در موه کارگاههای قدیمی (که نشان دهنده استخراج طلا در دوره های گذشته است) در حوزه ای به وسعت ۱۰۰ کیلومتر مربع وجود دارد.

با کشف قاره آمریکا در قرن پانزدهم اسپانیایی ها، طلای فراوانی را از این قاره به اروپا منتقل کردند. تلاشهای بیشتر برای کشف ذخایر بیشتر در آمریکای مرکزی و افزایش تولید طلا با شکست روبرو شد؛ زیرا بیشتر معدن کشف شده حاوی نقره بودند. پس از کشف طلای برزیل در سال ۱۶۹۱ تولید طلای جهانی افزایش چشمگیر یافت. از سالهای ۱۷۵۰ طلا در مقیاسهای بزرگ در دامنه شرقی اورال استخراج می شد. طلای آبراهه در ۱۸۴۰ در سیبری سپس در سال ۱۸۴۸ در کالیفرنیا کشف شد.

کشف طلا در بریتیش کلمبیا واقعه بسیار مهمی بود. در اواخر دهه ۱۸۵۰ در طول رودخانه تامپسون، در سال ۱۸۵۸ در رودخانه فراسر و در سال ۱۸۶۰ در نهرهای ویلیام و لایتینگ ذخایر مهمی از طلاهای آبراهه‌ای کشف شد. طی سالیان متمادی برتیش کلمبیا به همراه قلمرو و ایالت‌های کانادایی پیشرو در تولید طلا بودند؛ تا اینکه با اکتشاف کانسارهای طلای کیرکلند لیک در سال ۱۹۱۱ جای خود را به اونتاریو داد.

همچنین کانسارهای طلا در استرالیا (۱۸۵۱)، نوادا (۱۸۵۱)، کلورادو (۱۸۷۵)، آلاسکا (۱۸۸۶)، نیوزیلند و غرب استرالیا (۱۸۹۲) و غرب کانادا (۱۸۹۶) کشف شد. این ذخایر اهمیت خود را به سرعت از دست دادند. با کشف ذخایر وایت واترزاندر در آفریقای جنوبی در سال ۱۸۸۵ جهش بزرگی در تولید طلا دنیا بوجود آمد. بدین ترتیب آفریقای جنوبی موقعیت بارزی در بازارهای جهانی از نظر تولید طلا را کسب کرده و تولید آن نیز هر ساله رو به افزایش است. در قرن بیستم کشور غنا از نظر تولید طلا موقعیت مناسبی را بدست آورد.

مقدار طلای تولید شده تا زمان سقوط امپراتوری روم ۱۰۰۰۰ تن و در دوران قرون وسطی ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تن تخمین زده شده است. میزان تولید سالیانه طلا در جهان تا زمان کشف قاره آمریکا به ۵ تن در سال رسید. میزان تولید سالیانه طلا در سال ۱۷۰۰ میلادی ۱۰ تن، در سال ۱۸۰۰ میلادی ۱۵ تن، در سال ۱۸۴۸ میلادی ۴۰ تن بوده است. تولید سالیانه طلا در ۱۸۵۲ تقریباً ۲۰۰ تن، در ۱۹۰۴ برابر ۵۰۰ تن، در سال ۱۹۰۷ برابر ۷۰۰ تن و در سال ۱۹۳۶ برابر هزار تن بوده است. رقم فوق هم اکنون ۱۷۰۰ تن است. تا سال ۱۹۹۷ میزان کل تولید طلای دنیا بیش از صد هزار تن بوده که یک سوم آن در بانکهای مرکزی کشورهای صنعتی غرب و مقدار ۲۰۰۰ تن در کروگرندز^۱ نگهداری شده و مقدار جزئی در صنعت و جواهرآلات استفاده می‌شود.

۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی طلا بطور خلاصه در **جدول (۱-۱)** آورده شده است. از لحاظ شیمیایی طلا یکی از نجیب‌ترین فلزات به شمار می‌رود. این فلز در تماس با هوا کدر نمی‌شود. در مقابل قویترین محلولهای قلیایی پایدار است و در تماس با تمام اسیدهای خالص، به جز اسید سلنیک، کاملاً مقاوم است. بهترین راه برای انحلال شیمیایی طلا استفاده از تیزاب سلطانی (مخلوط یک مول اسید نیتریک و سه مول اسید کلریدریک) است. طلا همچنین می‌تواند با برم در دمای اتاق، با فلوئور، کلر، ید و تلوریوم در دماهای بالاتر ترکیب شود.

¹ Kruggerands

جدول (۱-۱): خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، اتمی و ترمودینامیکی طلا

خصوصیات و ساختار اتمی		خصوصیات فیزیکی	
۷۹	عدد اتمی	جامد	حالت ماده
۱۱	گروه	زرد	رنگ
۶	دوره	۱۹۶/۹۶۶۵	وزن مولکولی
عناصر واسطه	سری	۱۳۳۷-۱۳۴۳ K	نقطه ذوب
۱۹۷	عدد جرمی	۳۱۲۹ K	نقطه جوش
۱/۷۹ Å	شعاع اتمی	۳۳۴/۴ kJ/mol	گرمای تبخیر
۱/۳۴ Å	شعاع کوالانسی	۱۲/۵۵ kJ/mol	گرمای گدازش
۱۰/۲ cm ³ /mol	حجم اتمی	۱۹۰.۳۰ g/cm ³	وزن مخصوص
کوبیک وجه مرکز	ساختار بلوری	۱۰/۲۱ cm ³	حجم مولار
1s ² 2s ² p ⁶ 3s ² p ⁶ d ¹⁰ 4s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴ 5s ² p ⁶ d ¹⁰ 6s ¹	آرایش الکترونی	۱۲۹ jk ⁻¹ kg ⁻¹	گرمای ویژه در ۲۹۸ k
۱۸، ۱۸، ۳۲، ۱۸، ۲	تعداد الکترون‌های لایه‌های انرژی	۹۵ %	انعکاس نوری
خصوصیات شیمیایی		۱۴۲×۱۰ ^{-۷} K ⁻¹	ضریب انبساط خطی (k) (۲۹۳)
۱ و ۳	حالت‌های اکسیداسیون		سختی
+۱/۵۲ V	پتانسیل احیاء استاندارد	۲/۵	موس
۰/۸۵ Å	شعاع یونی	۲۱۶ Mnm ⁻²	ویکرز
۲/۵۴	الکترونگاتیوی	۲۴۵۰ Mnm ⁻²	برینیل
۸۹۰	انرژی یونیزاسیون (kJmol ⁻¹) Au(g) → Au(g) + e ⁻	۳۱۹ wm ⁻¹ K ⁻¹	ضریب هدایت گرمایی (k) (۲۷۳)
۱۹۸۰	انرژی یونیزاسیون (kJmol ⁻¹) Au ⁺ (g) → Au ²⁺ (g) + e	۲۰/۵ nΩm	مقاومت (۲۷۳ K)
		دیامغناطیس	خاصیت مغناطیسی
-۲۲۲/۸	تمایل به الکترون گیری Au(g) + e ⁻ → Au ⁻ (g)	-۱/۷۸×۱۰ ^{-۹} m ³ kg ⁻¹	قابلیت مغناطیس پذیری جرمی (۲۹۳ K)
		۱۷۴۰ m/s	سرعت صوت (۲۹۳ K)
خصوصیات ترمودینامیکی			
۴۷/۴ Jk ⁻¹ mol ⁻¹	آنترپی (۲۹۸ K)	۱۳ kJmol ⁻¹	آنتالپی گدازش در نقطه ذوب
۲۵/۴۲ k.Jk ⁻¹ mol ⁻¹	ظرفیت گرمایی مولی	۳۲۵ kJmol ⁻¹	آنتالپی تبخیر در نقطه جوش
K.kJmol ⁻¹ O ₂ +۵۳/۳	انرژی آزاد تشکیل اکسید 4/3 Au + O ₂ → 2/3 Au ₂ O ₃	۳۶۶ kJmol ⁻¹	آنتالپی اتمیزاسیون (۲۹۸ K)

۳- کانی شناسی طلا

طلا در طبیعت به صورت خالص، آلیاژ با سایر فلزات، ترکیبات تلوریدی و یا به صورت محلول جامد و کلوئیدی در ساختار سایر کانیها وجود دارد. جدول (۱-۲) مهمترین کانیها و حامل های طلا را نشان می دهد.

۴- کانسارها و طبقه بندی مواد حاوی طلا

در یک نگاه کلی کانسارهای طلا به دو دسته ذخایر رگه ای و ذخایر پلاستی تقسیم بندی می شوند. هنلی (۱۹۷۵) محیطهای زمین شناسی حاوی طلا را به ۷ طبقه زیر تقسیم بندی کرده است:

- رگه های طلا- کوارتز
- ذخایر اپی ترمال
- پلاسرهای جوان
- پلاسرهای فسیل دار
- ذخایر طلای افشان
- طلای در کانسنگهای فلزی غیر آهنی
- طلا در آبها دریا

مک کویستن و شومیکر (۱۹۷۵) نیز از دیدگاه فرآوری و استحصال طلا طبقه بندی زیر را

ارائه کردند:

- کانسنگهای طلای خالص، که امکان بازیابی فلزات قیمتی بوسیله ثقلی، آمالگاماسیون و یا سیانوراسیون وجود دارد.
- طلای همراه سولفیدها، که به صورت آزاد و یا افشان در داخل سولفیدها رخ می دهند. پیریت های طلا دار با زمینه طلای ریز افشان بسیار مرسوم می باشد.
- تلوریدهای طلا، که معمولا به همراه طلای خالص و سولفیدها رخ می دهند. کالاوریت و کرنیت کانیهای هستند که حاوی حدود ۴۰ درصد طلا می باشند و سیلوانیت حاوی ۲۵ درصد طلا و تا ۱۳ درصد نقره است.
- طلا در سایر کانیها به صورت آرسنیک و یا آنتیموان (یعنی آنورواستینیت، $AuSb_2$)، با پرفیهای مس (سلنید و تلورید)، با کانیهای روی و سرب و مواد آلی می باشد.

جدول (۲-۱): کانیهای طلا

فرمول شیمیایی	کانی
	عناصر خالص، آلیاژها و ترکیبات فلزی
Au	طلای خالص (> ۲۰ درصد مول نقره)
(Au,Ag)	الکتروم (۸۰-۲۰ درصد مول نقره)
(Au,Pd)	طلای پلادیمی (پورپزیت)
(Au,Rh)	طلای رادیومی (رودیت)
(Au,Ir)	طلای اریدیومی
(Au,Pt)	طلای پلاتینی
(Au,Ag)Hg	طلای آمالگام
(Au,Ag) ₃ Hg ₂	ویشانیت
Au ₂ Bi	مالدونیت
Cu ₃ Au	آئوری کوپراید
AuCu	تترا آئورو کوپراید
Au ₂ Pb	هونچنیت
Au ₅ (Cu,Fe) ₃ (Te,Pb) ₂	بوگدانوویت
Au ₄ Cu(Te,Pb)	بزمسرت نوویت
	سولفید/سلنیت
Ag ₃ AuS ₂	یوتنبوگا آردیت
Ag ₃ AuSe ₂	فیشسريت
AuAg(S,Se)	پتروسکائیت
	تلوراید
AuTe ₂	کالاوریت
(Au,Ag)Te ₂	کرنزیت
(Au,Ag)Te	موتمانیت
Ag ₃ AuTe ₂	پتزازیت
(Au,Ag) ₂ Te ₄	سیلوانیت
CuAuTe ₄	کوستوویت
(AuSb) ₂ Te ₃	مونت برایت
Pb(Pb,Sb)S ₂ [Au,Te]	ناگیاگیت
	سیلیکاتها/سایر
(Mg,Al,Fe) ₁₂ [(Si,Al) ₈ O ₂₀](OH) ₁₆	کلریت های آرسنیک دار
AuSbO ₃	آئورو آنتیمونات

۵- روشهای کانه آرای کانسنگ های طلا

روشهای مختلفی برای فرآوری کانسنگ های طلا وجود دارد که باید با مطالعاتی که بر روی کانسنگ انجام می شود روش مناسبی برای فرآوری آن انتخاب کرد. اگر طلا به صورت ذخایر آبرفتی باشد برای فرآوری آن روشهای ثقلی مناسبترین روش است؛ اگر طلا به صورت آزاد یا ناتپو باشد روش ثقلی پیش فرآوری و روش نهایی آمالگاماسیون است، اگر به صورت ذرات خیلی ریز در داخل سنگ باشد روش سیانوراسیون قابل توصیه خواهد بود و اگر طلا به صورت ترکیب با کانیهای دیگر باشد فرآوری مشکلتر و پیچیده تر می شود و هزینه سرمایه گذاری لازم برای فرآوری و استحصال کانسارهای پیچیده طلا زیاد می شود. حتی بعضی از کانسارهای طلا وجود دارند که هنوز روش فرآوری مناسبی برای آنها پیدا نشده است. در زیر به روشهای مختلف فرآوری طلا اشاره می شود.

۵-۱- روش ملقمه سازی یا آمالگاماسیون

در طی سالیان مدید، روش ملقمه سازی عمده ترین روش برای جداکردن طلا و نقره آزاد یا طبیعی از کانه های حاوی آنها بوده است. اساس این روش بر خاصیت جذب طلا و نقره توسط جیوه استوار است. با استفاده از این روش به سادگی می توان طلا را از دیگر کانیهای باطله جدا نمود. این روش برای کانسارهایی که طلای آزاد با عیار قابل ملاحظه ای دارند کاربرد دارد. در ابتدا از این روش به تنهایی استفاده می شد، ولی بعد از رواج یافتن روش سیانوراسیون، روش ملقمه سازی به عنوان روش مکمل سیانوراسیون به کار برده می شود.

معمولاً در این روش ماده معدنی تا ۷۵ درصد زیر ۷۵ میکرون (۲۰۰ مش) خرد شده و سپس پالپی به غلظت ۴۰ درصد وزنی جامد تهیه می شود. پالپ به داخل آسیای گلوله ای انتقال یافته و حداقل به اندازه وزن طلا و نقره موجود در ماده معدنی جیوه به آن اضافه می شود (البته برای اطمینان مقدار جیوه همیشه ۱۰ تا ۲۰ درصد بیشتر از وزن طلا و نقره موجود است). پس از اضافه کردن تعداد کمی گلوله، آسیا به مدت ۲ تا ۱۲ ساعت کار می کند. پس از آنکه طلا و نقره کاملاً جذب جیوه شد محتویات آن خارج و داخل آسیا کاملاً تمیز می شود. در زیر آسیا چند میز که با هم اختلاف ارتفاعی حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر دارند وجود دارد و سه عدد ظرف جداگانه در بین میزها قرار دارد. پالپ حاوی ملقمه خارج شده از داخل آسیا به روی میزهای خوراک دهی می شود. این میزها از جنس مس ساخته شده اند و روی آن جیوه اندود شده است. هنگامی که پالپ به آرامی از روی این میزها عبور می کنند، ذرات جیوه حاوی طلا که در کف میز حرکت می کنند به میز

می‌چسبند. سپس روی میز را شستشو می‌دهند تا گل و لای آن کاملاً جدا شود. جیوهی روی میز را جمع آوری می‌کنند. این محصول فیلتر می‌شود (برزنت یا چرم) تا دانه‌های طلا و نقره از جیوه جدا شود. طلا و نقره باقیمانده بر روی فیلتر جمع آوری می‌شود. این محصول دو برابر وزنی طلا و نقره موجود جیوه دارد که در رتورت عمل آوری می‌شود تا جیوه بخار شود. پس از آن طلا و نقره بدست آمده به بخش ذوب ارسال می‌شود.

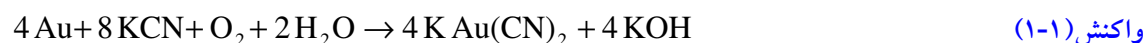
۵-۲- روشهای ثقلی

در این روشها از اختلاف وزن مخصوص کانیهای مختلف برای جدایش آنها از یکدیگر استفاده می‌شود. در قدیم از این روش برای استخراج طلا از ذخایر آبرفتی (پلاسرها) استفاده می‌شد. معمولاً از این روش برای جدا کردن ذرات طلا درشت دانه استفاده می‌شود. اگرچه اخیراً شرکت‌های سازنده تجهیزات کانه‌آرایی، دستگاههایی (مانند جداکننده نلسون و ناسن) را معرفی کرده‌اند که توان بازیابی ذرات طلا تا ابعاد یک میکرون و حتی کمتر را دارند.

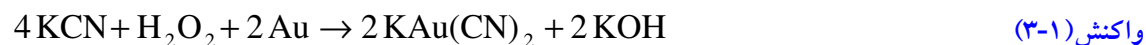
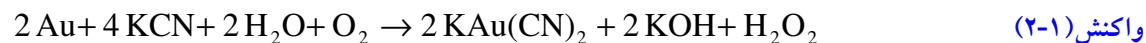
از روشهای ثقلی کمتر به صورت مستقل در بهره برداری از معادن و استحصال طلا استفاده می‌شود و اکثراً از این روش به همراه روش سیانوراسیون و ملقمه سازی استفاده می‌شود. از کنسانتره یا محصول پر عیاری که از روشهای ثقلی بدست می‌آید می‌توان طلا را به روش ملقمه‌سازی جدا کرد. جداکننده های ثقلی به چند گروه تقسیم می‌شوند که اساس کار همه آنها یکی است، ولی مکانیزم جداسازی (جدایش در لایه نازک و یا جریان قائم) در آنها متفاوت است.

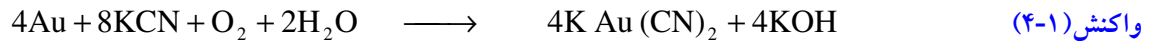
۶- سیانوراسیون

سیانوراسیون مهمترین روش فرآوری طلاست. انحلال طلا توسط سیانور از ابتدای قرن نوزدهم شناخته شده بود اما تا اواخر سال ۱۸۹۰ بطور اقتصادی مورد استفاده قرار نگرفت. طلا توسط سیانور حل شده و بصورت کمپلکس سیانور در می‌آید. مکانیزمها و واکنش‌های متعددی برای انحلال طلا توسط سیانور ارائه شده است که در زیر به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. آقای ال. السنر در سال ۱۸۴۶ واکنش (۱-۱) را ارائه کرد:

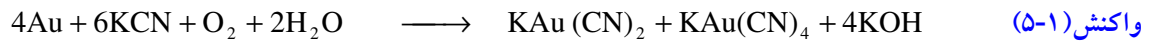


آقای جی - بودلندر (۱۸۹۳-۱۸۹۶) واکنش (۲-۱) و واکنش (۳-۱) برای انحلال طلا در سیانور پیشنهاد کرده است.





واکنش‌های بودلندر را ام. کامدا (۱۹۴۹) جی.آ. گیتز و ج. هالپرن (۱۹۵۳) تائید کرده‌اند. ولی وی. کودریک و اچ. کلوی (۱۹۵۴) رابطه ال.السنر (۱۸۴۶) را پذیرفته‌اند. آقای بتل نیز واکنش زیر را ارائه داده است:



عوامل مؤثر بر سیانوراسیون غلظت سیانور، pH، درصد جامد، دانه‌بندی و سایر عوامل می‌باشد که در مطالعات آزمایشگاهی باید در نظر گرفته شده و بهینه سازی شوند.

فصل ۲

کانسار بزمان

۱- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی منطقه

محدوده اکتشافی طلای چاه نعلی در استان سیستان و بلوچستان و در مرز استان کرمان ، در مختصات جغرافیایی ۵۶' و ۵۹° تا ۰۱' و ۶۰° طول شرقی و ۱۷' و ۲۸° تا ۲۱' و ۲۸° عرض شمالی در محدوده‌ای به وسعت ۴۰ کیلومترمربع واقع شده است. بخش اعظم آنومالی های طلای بزمان دربرگه زمین شناسی یکصد هزارم چاه سنگی و قسمت اندکی از آنها در برگه زیروکی و در بخش جنوبی کویر لوت جای گرفته است. از نظر اقلیمی این نواحی جزو مناطق صحرایی و خشک است. دسترسی به محدوده مورد نظر از طریق جاده اصلی ایرانشهر به بم ، مقدور است. جاده مورد نظر از سمت ایرانشهر به طرف بم، در فاصله ۹۰ کیلومتری به شهرستان بزمان رسیده و در ادامه پس از طی ۸۵ کیلومتر؛ در مجاورت جاده و در سمت شمال ، تپه ماهورهای سبز رنگی مشاهده میشود که با امتداد شمال-جنوب به ارتفاعات گرمی روشن تا قرمز روشن تبدیل می‌شود که در واقع شروع محدوده مورد بررسی می‌باشد (شکل (۱-۲) تا شکل (۳-۲)). در حاشیه شمالی محدوده ، دشت سمسور و در شمال غرب محدوده و در فاصله تقریبی ۸۰ کیلومتر ، روستای مسجد ابوالفضل قرار دارد. از نظر تقسیمات کشوری این محدوده از توابع بخش بزمان شهرستان ایرانشهر از استان سیستان و بلوچستان می‌باشد.



شکل (۲-۳): عکس-نقشه ماهواره ای موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده چاه نعلی

۲- وضعیت اجتماعی ، اقلیمی و فرهنگی منطقه

۲-۱- وضعیت اجتماعی

شهرستان ایرانشهر در ناحیه مرکزی بلوچستان با مساحت ۳۰۲۰۰ کیلومتر مربع در فاصله ۳۳۰ کیلومتری زاهدان واقع شده و ۱۵ درصد وسعت استان را به خود اختصاص داده است که جمعیت این شهرستان بالغ بر ۱۹۴۵۹۶ نفر می باشد . این شهرستان دارای ۴ نقطه شهری، ۴ بخش، ۱۰ دهستان و ۴۱۸ آبادی است.

در ایرانشهر حدود ۶۰ کارخانه کوچک و بزرگ از جمله کارخانجات بافت بلوچ و کارخانجات تولید نوشابه و نیروگاه عظیم برق ایرانشهر فعال میباشند. غرب ایرانشهر دارای یک سوم معادن استان از جمله سنگ مرمر، گرانیت، منیزیم ، مصالح ساختمانی، سنگهای تزئینی و ... می باشد. این شهرستان همچنین ۶ مرکز آموزش عالی دارد و با داشتن ۲ هتل و ۶ مهمانپذیر به لحاظ اقامت مسافران مناسب می باشد.

۲-۲- بارندگی

منطقه سیستان و بلوچستان با توجه به موقعیت جغرافیایی، از یک طرف تحت تأثیر جریان‌های جوی متعدد مانند: جریان بادی شبه قاره هند و به تبع آن باران‌های موسمی اقیانوس هند است و از طرف دیگر تحت تأثیر فشار زیاد عرض‌های متوسط قرار دارد که گرمای شدید مهم‌ترین پدیده مشهود اقلیمی آن است. در وضعیت هواشناسی این منطقه بادهای شدید موسمی، طوفان شن، رگبارهای سیل‌آسا، رطوبت زیاد و مه صبحگاهی پدیده‌ای قابل توجه است. این استان تابستان‌های گرم و طولانی و زمستان‌های کوتاه دارد. شهرستان ایرانشهر در ناحیه گرم و خشک قرار دارد. متوسط سالیانه دمای هوا ۲۷/۸ درجه سانتیگراد متوسط سالیانه رطوبت نسبی ۲۹/۳ درصد می‌باشد. میزان بارندگی در ۷ ماهه اول سال ۱۳۸۲ در این شهرستان ۵۳/۱ میلی متر می‌باشد.

با توجه به بررسی‌های انجام شده در مورد پارامترهای آب و هوایی ۵ ساله ی شهرستان ایرانشهر جمع بارش در این پنج سال حدود ۳۰۰ میلی متر بوده است که میانگین آن ۶۰ میلی‌متر است، یعنی با توجه به میانگین بارش جهانی در حد پایین قرار دارد.

وسعت استان و تنوع آب و هوایی، موجب بروز تنوع در پوشش گیاهی و غنای منابع طبیعی تجدید شونده گردیده است. حدود ۵۵ درصد از کل مساحت استان معادل ۱۰/۲۵۰/۰۰۰ هکتار را مراتع در بر گرفته است که ۳۰۰ هزار هکتار مراتع خوب، ۷۵۰ هزار مراتع متوسط و ۹/۲ میلیون هکتار مراتع فقیر و خیلی فقیر می‌باشند. وجود تالاب هامون و امکان تولید علوفه نی و بونی در سطح ۱۵۰/۰۰۰ هکتار با تولید متوسط حداقل ۶ تن در هکتار علوفه خشک (در مواقع غیر خشکسالی) از سرمایه‌های مهم منطقه به شمار می‌رود. در استان بیش از ۱۲۰۰ گونه گیاهی که حدود ۷۰ گونه آن دارای ارزش دارویی و صنعتی می‌باشد شناخته شده است. از جمله می‌توان گونه‌های کهور، کنار، بنه، بادام، جش، گز روغن را نام برد. مساحت جنگلهای استان که عمدتاً کم متراکم هستند قریب به یک میلیون هکتار می‌باشد.

۲-۳- عوارض طبیعی استان

ارتفاعات: تفتان (با ارتفاع حدود ۴۰۵۰ متر) - بزمان (با ارتفاع حدود ۳۵۰۰ متر) - بیرک - ملک سیاه کوه - بم پشت - پیر سوران - کوه خواجه
دریاچه‌ها: هامون - تالاب جازموریان - تالاب گواتر
رودخانه‌ها: هیرمند - بمپور - کاجو - سرباز - باهو کلات - کهیر - ماشکیت

۲-۴- دما

میانگین دمای ۵ سال حدود ۲۷،۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. میانگین دمای حداکثر ۵ سال ۳۴،۷

درجه و میانگین دمای حداقل ۲۰،۳۵ درجه است. همچنین حداکثر دمای ثبت شده در شهرستان ایرانشهر بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ میلادی ۴۹،۳ درجه سانتیگراد و حداقل دما ۲،۲- بوده است. آمار ارائه شده بیانگر این مطلب است که آب و هوای این شهر اقلیمی گرم و خشک است.

۳- زمین شناسی عمومی منطقه (بر مبنای نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه سنگی)

۳-۱- زمین ریخت شناسی

وجود سنگ های مختلف باخاستگاه و سن های متفاوت موجب شده است تا چهره زمین ریخت شناسی منطقه بررسی شده در بخش های گوناگون آن متفاوت باشد. افزون بر نوع سنگ ها، در شکل گیری ریخت این نواحی، زمین ساخت ناحیه ای، تکاپوهای آتشفشانی نقش تعیین کننده داشته اند. در جنوب باختر منطقه بررسی شده، پهنه ای از سنگ های آتشفشانی باروند شمال باختر - جنوب خاور برونزد دارد که بلندترین ارتفاعات این بخش از منطقه را تشکیل می دهند. این ارتفاعات، بیشتر از سنگ های نئوژن بوده و از نوع آندزیت - بازالت و داسیت با میانلایه هائی از سنگ های رسوبی از نوع ماسه سنگ، کنگلومرا و لایه های نازکی از توف می باشد. سنگ های آتشفشانی به سبب سرد شدن سریع دارای درزهای فراوانی بوده و در اثر فرسایش شدید خرد شده و ریخت پشته های فرسوده پیدا کرده اند. محل خروج ماگما با انباشته هائی از سنگ های آذرین بیرونی و سرد شدن ناگهانی مواد بصورت مخروط های بلند در آمده اند که قطر دهانه آن نزدیک به چند کیلو متر می رسد. بخش دهانه مخروط به دلیل خروج گدازه، گاز، بخار و فرسایش های بعدی خرد شده و دارای ریخت فروریخته است. این مخروط در شمال آبادی پاک واقع است و فعالیت دو مرحله از فعالیت آتشفشانی در آن کاملاً مشهود است.

در بخش جنوب خاور منطقه بررسی شده، سنگ های آتشفشانی و گدازه های جوان کوه بزمان قرار دارد. کهن ترین سنگ های تکاپوی آتشفشان بزمان، گدازه های آندزیتی هستند که بیشتر ساخت انفجاری داشته و خرد شده اند و فرسایش بیشتری از خود نشان می دهند و بصورت تپه ماهورهای منفرد باقی مانده اند. بخشی از سنگ های آتشفشانی که در مراحل بعدی پدیدار گشته اند از نوع بازالت تا بازالت های اولیوین دارمی باشند. بیشتر نهشته های آتشفشان بزمان در محدوده بررسی شده، از نوع کنگلومرا - آگلومرا با سیمان شدگی نسبتاً ضعیف تشکیل شده است.

در شمال باختر منطقه بررسی شده، گدازه های جوان کواترنر وجود دارد. این گدازه ها بیشتر از نوع اولیوین بازالت - بازالت - آندزیت است. محل خروج ماگما در اثر فرونشینی مواد گود مانده است و در اثر جمع شدن مواد رسی، روی عکس های هوائی و روی زمین سفید می نمایند. قطر این دهانه ها تا چند صد متر می رسد.

بخش مرکزی و شمال منطقه بررسی شده، از رسوب‌های کنگلومرایی و مارنی تشکیل شده است که دارای روند شمالی - جنوبی هستند. نهشته های مارنی نئوژن به سبب همراهی بارسوبات تبخیری فرسایش پذیر بوده و زیر تاثیر فرسایش شدید کویری ناحیه قرار گرفته اند به همین دلیل بصورت تپه ماهورهای فرسوده در آمده و شیب آنها ملایم است. بخش های دشت گونه منطقه بررسی شده، دارای نهشته های کنگلومرایی پلیوسن پایانی و آبرفت های کواترنری است و چهره برجسته موفولوژی دیده نمی شود. رسوب های کنگلومرایی دارای شیب ملایم بوده و نزدیک به ۲۰ - ۱۵ درجه است. این رسوب ها سست بوده و در سطح زمین بصورت قله های پراکنده که بیشتر اجزاء آنها آتشفشانی است دیده می شوند. رسوبات آبرفتی کواترنر دانه درشت بوده و بصورت پادگانه هائی که سر تخت آنها افقی است مشاهده می شوند. در بخش هائی از ناحیه بررسی شده پادگانه های دانه ریزتری نیز وجود دارد. در نواحی نزدیک به ارتفاعات، شبکه آبراهه نزدیک بهم و فشرده است و با کاهش شیب و دور شدن از ارتفاعات، شبکه آبراهه بازتر می شوند و رسوبات دانه ریزتر گشته و به کفه های رسی ختم می شوند.

۳-۲- زمین شناسی و چینه شناسی

ورقه یک صد هزارم چاه سنگی در جنوب خاور چهار گوش جهان آباد و در جنوب پهنه ساختاری بلوک لوت قرار دارد. بخش مرکزی منطقه بررسی شده، از نهشته های نئوژن و کواترنر پوشیده شده است در حالیکه در بخش های دیگر سنگ های چهره ساز آتشفشانی برونزد دارند. مقدار قابل توجهی از سنگ های آتشفشانی جوان نیز در ناحیه مشاهده می شود. از نگاه سنگ شناسی، واحدهای چینه شناسی منطقه بررسی شده از نوع سنگ های آتشفشانی، آذرآواری و نهشته های آواری است. واحدهای سنگ چینه ای ناحیه بررسی شده باتوجه به سن نسبی آنها از قدیم به جدید، به شرح زیر معرفی می شود

میوسن

در گستره منطقه بررسی شده، کهن ترین سنگ های برونزد یافته، سنگ های میوسن است که از نوع سنگ های آتشفشانی و آذر - آواری است که در شمال خاور ناحیه برونزد دارد (M^v). سنگ های میوسن شامل گدازه های آندزیتی تا داسیتی است که بین آنها ماسه سنگ های دانه درشت، نازک تا متوسط لایه با خاستگاه آواری - آتشفشانی، فورش سنگ و توف دیده می شود. نتایج پرتوسنجی از دو نمونه از سنگ های ولکانیکی در باختر منطقه بررسی شده (برگه یک صد هزارم گیران ریگ) با روش پتاسیم - آرگون سن ۱۶/۶ و ۱۸/۶ میلیون سال سن معین شده است که بیانگر سن میوسن پیشین است (آقابات، ع.، ۱۳۷۳). بخش هائی از این سنگ ها، توسط سنگ های آتشفشانی جوانتر و نهشته های رسوبی نئوژن پوشیده شده است. در حوالی چاه نعلی بخش هائی از آنها سیلیسی شده

است و بخش هائی نیز بصورت سیلیس های دایک گونه می باشند. بخش های سیلیسی کانی سازی شده و نیاز به بررسی های تفصیلی و دقیق تر دارد. دگرسانی در سنگ های آندزیتی بیشتر آرژیلی است بدین سبب رنگ این نهشته سفید تا زرد است که بر روی عکس های هوایی و روی زمین کاملاً متمایز می باشند.

در بخش هائی از واحد آتشفشانی (M^v)، یک سری توف و ایگنیمبریت های خاکستری روشن برونزد دارد که از نوع تراکی آندزیت و داسیت است (dt). در حوالی سه راهی سمسور، در خاور منطقه بررسی شده، ایگنیمبریت ها متوسط لایه بوده و ساخت ایگنیمبریتی از خود نشان می دهند. این سنگ ها در بخش هائی نیز توده ای گونه می باشند. این نهشته ها دارای بافت پورفیریتیک با زمینه کریپتو کریستالین بوده پلاژیوکلازها نیمه شکل دار تا شکل دار با ترکیب متوسط - بازیگ و سالم بوده و دگرسانی نشان نمی دهند. آمفیبول های قهوه ای، غالباً بطور کامل اکسیده شده اند. در بخش هائی نیز حالت برشی دارند. در شمال چاه سنگی، در خاور منطقه بررسی شده، یک سری سنگ های ولکانیکی روشن تا خاکستری روشن برونزد دارد که از لحاظ ترکیب سنگ شناسی نزدیک به واحد (dt) بوده ولی ریز تا متوسط دانه و ساخت برشی دارند (bt) با واحد (dt) متمایز می باشد. واحدهای یاد شده (dt) و (bt) بیشتر در مجاورت سنگ دگرسان شده (a) قرار دارند و تمایز آنها در بررسی های فتوزئولوژی مشکل است. فعالیت های آتشفشانی زمان میوسن متناوب بوده محصول فعالیت های پایانی از نوع اولیوین بازالت است (M^b). این نهشته ها بر روی زمین از توپوگرافی بالائی برخوردار هستند. رنگ آنها تیره تا سیاه بوده در بعضی مناطق به سبب نازک بودن ضخامت گدازه، خرد شده اند و بر روی سنگ های واحد (dt) واریزه گونه قرار گرفته اند. این سنگ ها دارای بافت پورفیریتیک با زمینه میکروولیتی - جریانیه داشته اولیوین اکثر دانه های پورفیر را تشکیل می دهد و حواشی آنها اکسیده شده بخش هائی از آنها خرد شده اند. پلاژیوکلازها از نوع آندزین - لابرادوریت بوده و بلورهای ریز پیروکسن در زمینه سنگ ها به فراوانی دیده می شود.

نئوژن

بخش عمده سنگ های نئوژن منطقه بررسی شده، دارای خاستگاه مشترک آتشفشانی - رسوبی است. واحدهای سنگ چینه ای قابل تفکیک عبارت است از:

Ng^{a-d} در حوالی مسیر راه مسجد ابوالفضل^(ع) به آبادی پاک، در جنوب باختر منطقه بررسی شده، یک سری سنگ های آتشفشانی از نوع تراکی آندزیت - داسیت - آندزیت پیروکسن دار و بطور محلی آندزیت اولیوین دار یا بازالت پیروکسن دار برونزد دارد. مرز زیرین آنها پوشیده بوده دیده نمی شود و مرز زبرین آنها توسط نهشته های (Ng^a) پوشیده می شود. بافت آنها ریز تا درشت دانه بوده و بادامک هائی از کلسیت نیز در آنها دیده می شود. فرسایش شدید، ساخت جریانیه را از بین برده و در

شیب های تند توسط واریزه های نهشته های جوان تر پوشیده شده اند.

(Ng^a) در حوالی مسیر راه مسجد ابوالفضل^(ع) به آبادی پاک، در جنوب منطقه بررسی شده، یک سری سنگ های آتشفشانی توسط یک واحد اکسیدان و آهن دار به ضخامت نزدیک به ۲۰ متر در پایه آنها دیده می شود (Ng^a). این واحد اکسیدان نشانگر آن است که بین جایگزینی نهشته های واحدهای (Ng^{a-d}) و (Ng^a) فاصله زمانی وجود داشته است. نهشته های واحد (Ng^a) با دگرشکلی ملایم نواحی گسترده ای از بخش جنوب باختری منطقه بررسی شده را می پوشانند. این نهشته ها از نوع اولیون بازالت، آندزیت پیروکسن و اولیون دار، پلاژیوکلازها کلسیتی و لابرادور است. در شمال آبادی پاک پائین یک مخروط آتشفشانی شناسائی و مشخص شده است که بریده شدن نهشته های واحد (Ng^{a-d}) توسط سنگ های واحد (Ng^a) نمایان است. پس از جایگزینی نهشته های واحد (Ng^a)، محلول های هیدروترمال در بخش هائی از منطقه بررسی شده نفوذ کرده و سبب دگرسانی آرژیلی و سیلیسی شدن سنگ های میزبان و کانی سازی در بعضی از قسمت ها شده است (a). این دگرسانی در جنوب باختر ناحیه بررسی شده، در حوالی آبادی پاک، مسیر آبادی پاک به مسجد ابوالفضل^(ع) و در خاور منطقه، در جنوب چاه نعلی مشاهده می شود. بررسی های دقیق و تفصیلی این دگرسانی ها در این مختصر مقدور نیست ضروری است تحت پروژه های جداگانه بررسی گردد.

(tu, Ng^{vs}) در بخش های شمال باختر و مرکزی منطقه بررسی شده، مجموعه ای از گدازه های آندزیتی همراه با تناوبی از سنگ های رسوبی از نوع ماسه سنگ های گچ دار و فورش سنگ به رنگ خاکستری - قهوه ای برونزد دارند که بصورت تپه های هنجار با بلندی متوسط می باشند. در باختر منطقه بررسی شده، این نهشته ها روی سنگ های واحد (Ng^a) قرار گرفته است. در بخش مرکزی ناحیه، روی نهشته های واحد (Ng^{vs}) یک سری توف های بلورین، تخریبی آتشفشانی (Volcanoclastic) از نوع داسیت - آندزیت به رنگ سفید تا خاکستری روشن دیده می شود (tu) که ضخامت آن در بعضی نقاط بالای ۱۰۰ متر نیز می رسد. نهشته های واحد (Ng^{vs}) با واسطه توف های سفید رنگ (tu) یا بدون آن توسط واحد کنگومرانی (Ng^{c1}) پوشیده می شوند.

(Ng^v) در خاور و شمال باختر منطقه بررسی شده، مجموعه ای از گدازه از نوع بازالت های آندزیتی تا بازالت برروی نهشته های واحدهای (tu) و (Ng^{vs}) به صورت دگر شیب برونزد دارد. این گدازه ها که سر تخت آنها ناهموار است در ناحیه صخره ساز بوده و روی آنها پوشیده نشده است. دارای بافت پورفیریتی با زمینه اینترسرتال می باشند. پلاژیوکلازها شکل دار و ترکیبات آنها متوسط تا بازیگ است و ساختمان منطقه ای (Zonation) در آنها مشاهده می شود. کلینوپیروکسن بندرت دیده می شود و زمینه سنگ از میکروولیت های فلدسپات همراه با کانی های کریپتوکریستالین و بلورهای ریز کلینوپیروکسن تشکیل شده است.

(Ng^s) در جنوب خاور منطقه بررسی شده، یک سری نهشته های رسوبی - آتشفشانی از نوع کنگلومرا، ماسه سنگ، توف های سیلتی و کمی گدازه های آندزیتی زیر نهشته های آتشفشانی بزمان برونزد دارد. این سنگ ها، در منطقه بررسی شده گسترش چندانی ندارند و به سوی خاور ناحیه در ورقه یک صد هزارم زیروکی گوهر کوه توسعه پیدا می کنند.

(Ng^{c1}) در بخش مرکزی منطقه بررسی شده، یک واحد کنگلومرائی برنگ خاکستری تیره تا سیاه روی نهشته های واحد های (tu) و (Ng^{vs}) رخنمون دارد. اندازه اجزاء تشکیل دهنده آن از ۲ میلی متر تا ۳۰ سانتی متر و گاهی بزرگتر از آن نیز می باشد. بیشتر دانه های آن ولکانیکی بوده، گردشگری خوب، تراکم ضعیف و آژند ولکانیکی است. با توجه به اینکه طبقه بندی خوبی در آنها دیده نمی شود لیکن، تعیین مقدار ضخامت آن مشکل است. به نظر می رسد ضخامت آنها نزدیک به ۱۵۰ متر باشد. نهشته های این واحد، افزون بر رسوب های کواترنری، در جنوب باختر منطقه توسط نهشته های کنگلومرائی واحد (Ng^{c2}) پوشیده می شود.

(Ng^{c2}) در بخش های شمال، باختر و مرکزی منطقه بررسی شده، یک واحد کنگلومرائی به رنگ خاکستری تیره برونزد دارد. این کنگلومرا به صورت ناپیوسته روی نهشته های (Ng^{vs}) و (Ng^{c1}) واقع است. اندازه اجزاء تشکیل دهنده آن از ۲ میلیمتر تا ۲۵ سانتیمتر، بیشتر ولکانیکی، گردشگری خوب، تراکم ضعیف، آژند ولکانیکی-آهکی است. در بین نهشته های این واحد کنگلومرائی، میانلایه هائی از مارن های سفید تا زرد دیده می شود و بصورت تدریجی به نهشته های (Ng^f) تبدیل می شوند. (Ng^f) در شمال منطقه بررسی شده، ردیفی از مارن های سست، ماسه سنگ های ولکانیکی، فورس سنگ های قهوه ای تا قرمز تا خاکستری روشن رخنمون دارد که دارای میانلایه هائی از کنگلومرا و توف می باشند. در این نهشته ها گچ بصورت لایه های نازک و رگچه دیده می شود. نهشته های این واحد بصورت تدریجی روی واحد کنگلومرائی (Ng^{c2}) قرار دارند و بصورت ناپیوسته توسط رسوبات کواترنر پوشیده می شوند. لایه های نهشته های واحد (Ng^f) دارای شیب ملایم ۳۰ - ۱۰° است که بصورت تاقدیس و ناودیس های کوچک چین خورده اند و محور چین ها عمدتاً به سوی شمال شیب-دارند.

پلیو - پلیستوسن

(PIQ^c) در جنوب باختر منطقه بررسی شده، بطور پراکنده، یک سری کنگلومرای چند زادی (Polygenic) رخنمون دارند. اندازه دانه های آن از ۲ میلی متر تا ۴۰ سانتی متر و گاهی بزرگتر از آن بوده تراکم متوسط، گردشگری خوب، به رنگ خاکستری تیره که در اثر تحمل نیروهای تکتونیک کج شده اند. این نهشته ها بصورت تپه هائی با گردشگری متوسط هستند که سطح روئی آنها از قله های گرد و نیمه زاویه دار پوشیده شده است. این نهشته ها، بصورت ناپیوسته زاویه دار روی سنگ های

نئوژن قرار گرفته و به رسوبات مخروط افکنه های کنگلومرایی (فنگلومرا) کوآترنر¹ (Q¹) تبدیل میشوند.

کوآترنر

در منطقه بررسی شده، سنگ های کوآترنر سطح وسیعی را پوشانده نزدیک به ۵۰ درصد رویه ناحیه را تشکیل می دهند. موقعیت زمین شناسی این ناحیه سبب شده است سنگ های آتشفشانی زیادی در زمان کوآترنر بوجود آید. این سنگ های آتشفشانی و قلوه های حاصل از فرسایش آنها بخش گسترده ای از ناحیه بررسی شده را زیر سیطره خود دارد. گستره پهناوری از ناحیه بررسی شده از رسوب های سست تشکیل شده است که در اثر عملکرد عوامل و چرخه های فرسایش بوجود آمده اند. در ذیل هر یک از واحدهای ذکر شده توضیح داده می شود:

واحدهای آتشفشانی

مجموعه سنگ های آتشفشانی بزمان بخشی از سنگ های آتشفشانی کوآترنر ناحیه است که قسمتی از آنها گوشه جنوب خاور منطقه بررسی شده را تشکیل داده اند. تعدادی دهانه آتشفشانی دیگر در منطقه وجود دارد و جدا از آتشفشان بزمان برونزد دارند. دهانه آتشفشان بزمان و دهانه های دیگر موجود خاموش بوده هیچگونه فعالیتی ندارند. فعالیت های آتشفشانی منطقه در مراحل مختلف انجام گرفته و نوع سنگ های بوجود آمده از آندزیت تا بازالت است. واحدهای قابل تفکیک به شرح زیر معرفی می شود:

الف) فاز آندزیتی کوآترنر

فاز آندزیتی کوآترنر، شامل چهار واحد سنگ چینه ای زیر است:

Q^{an1} این آندزیت ها کهن ترین نهشته های آتشفشان بزمان است گسترش چندانی در باختر و جنوب باختر آتشفشان بزمان ندارد و به سوی خاور آن توسعه پیدا می کند. در ناحیه بررسی شده فقط چند برونزد کوچک دیده می شود. سنگ های آن بیشتر از نوع آندزیت های هیپرستن و هورنبلند دار بوده و دارای بافت پورفیری می باشند.

Q^p در شمال باختر آتشفشان بزمان، پس از فاز آندزیتی (Q^{an1})، یک سری سنگ های آتشفشانی از نوع تراکی آندزیت، هیالو داسیت همراه با برش و لاهار و پیرو کلاستیک به رنگ خاکستری روشن فراهم آمده است که روی عکس های هوایی و روی زمین از نهشته های واحد (Q^c) کاملاً متمایز میباشند و توسط نهشته های واحد (Q^c) پوشیده شده است. تراکم و سفت شدگی سنگ های واحد (Q^p) بیشتر از نهشته های واحد (Q^c) است.

Q^c نهشته های این واحد بصورت مخروط افکنه های کنگلومرایی تخته سنگی همراه با برش و لاهار بوده که گسترش آنها بیشتر از سایر نهشته های آتشفشان بزمان در منطقه بررسی شده می باشد. این سنگ ها بصورت حلقه اطراف آتشفشان بزمان جای گرفته تراکم و سفت شدگی ضعیفی دارند و

در مقابل فرسایش مقاومت چندانی نشان نمی دهند لیکن، بریدگی های عمیقی در آنها ایجاد شده است. نتایج رادیومتری بر روی قلوه های آندزیتی، سن آنها را یک میلیون سال معین نموده است (آقاباتی، ع.، ۱۳۷۳). نهشته های این واحد توسط رسوبات واحد (Q^1) پوشیده می شود.

Q^{an2} دومین فاز آندزیتی آتشفشان بزمان، شامل سنگ های ولکانیکی از نوع آندزیت پورفیری هائی است که دارای هیپرستن و هورنبلند فراوان می باشند. سنگ های کنونی دهانه آتشفشان بزمان از این سنگ ها تشکیل شده است. این سنگ ها دارای برش های تخته سنگی بوده که بخشی از دامنه های کوه خضر از این آندزیت ها تشکیل شده است. درشت بلورهای این سنگ ها، از هورنبلند، پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن است و زمینه سنگ ها شیشه تا ریز بلور همراه با میکروولیت های پلاژیوکلازها میباشند.

ب) فاز بازالتی

در شمال باختر و باختر منطقه بررسی شده، گدازه های بازالتی با گستره قابل توجهی برونزد دارند. نهشته های بازالتی کواترنر، شامل سه واحد سنگ چینه ای است که روی سنگ های آتشفشانی کهن تراز جمله (Ng^a) و (Ng^{vs}) به صورت دگرشیب جای گرفته اند. در این گدازه ها، دهانه و مخروط های آتشفشانی حفظ شده و اندازه آنها نزدیک به ۵۰۰ متر می رسد. این گدازه ها از نوع بازالت های اولیوین دار بوده و دارای بافت پورفیریتیک تا آفانیتیک و شیشه ای است. درشت بلورهای آنها اولیوین می باشد (Q^{b1}). این نهشته ها بیشتر در کوه های زا بزرگ و زا کوچک مشاهده می شود. پس از یک فاصله زمانی، نهشته های بازالت های اولیوین دار تکرار شده و روی سنگ های واحد (Q^{b1}) را پوشانده اند. نهشته های واحد (Q^{b2}) از لحاظ ترکیب سنگ شناسی شبیه نهشته های واحد (Q^{b1}) است فقط از نگاه سنگ چینه ای روی سنگ های واحد (Q^{b1}) واقع شده اند و در یک فاز دیگر بوجود آمده اند. پس از جایگیری سنگ های واحد (Q^{b2})، فعالیت آتشفشان بزمان بصورت تناوبی از گدازه های بازالتی، آذرآواری و برکشایی ادامه پیدا کرده و به رنگ های قرمز و سیاه می باشند. از نگاه ترکیب شیمیائی از نوع بازالت های اولیوین دار هستند و بصورت آذرآواری می باشند. سطح فرسایش آنها با نهشته های واحدهای (Q^{b1}) و (Q^{b2}) متفاوت بوده و نرم میباشد روی عکس های هوائی و روی زمین کاملاً متمایزند.

نهشته های رسوبی کواترنر

رسوبات کواترنری در منطقه بررسی شده، بیشتر آبرفت و مخروط افکنه های کنگلومرائی (فنگلومرا) هستند که نواحی پست و کم ارتفاع را پوشانده اند. منشاء و خاستگاه این رسوبات ارتفاعات ناحیه مورد بررسی شده و اطراف آن است که بیشتر آنها آتشفشانی می باشد. برحسب نوع و اندازه آنها در ارتفاعات گوناگون جای گرفته اند. و واحدهای سنگ چینه ای مختلفی را تشکیل داده

اند. واحدهای قابل تفکیک به شرح زیر معرفی می شود:

Q¹ نهشته‌های این واحد از پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌های کهن تشکیل شده است. کنگلومرای چند زادی (Polygenic) نهشته‌های این واحد را تشکیل داده که سخت شدگی آنها متوسط و اندازه دانه‌های آن از ۲ میلی متر تا ۳۰ سانتی متر می رسد. در بین آنها لایه‌های ماسه سنگی نیز دیده می شود. رنگ رویه آنها تیره تا سیاه بوده و بیشتر از سنگ‌های آتشفشانی تشکیل شده است. ضخامت نهشته‌های واحد (Q¹) تا ۳۰ متر می رسد. واحد (Q¹) در اثر عوامل تکتونیکی کج شده اند و شیب آنها ۱۰-۵ درجه است که در جنوب خاور منطقه بررسی شده، در پایه آتشفشان بزمان به حداکثر می رسد.

Q² این واحد را پادگانه‌های آبرفتی کوتاه و مخروط افکنه‌های جوان تشکیل می دهند. اجزاء تشکیل دهنده این نهشته‌ها بیشتر ولکانیکی بوده ولی اندازه آنها از اجزاء واحد (Q¹) کوچکتر است سخت شدگی ضعیف و نفوذپذیری آب در این واحد بیشتر است. عمدتاً در نواحی کم شیب و دشت‌ها تشکیل شده اند.

Q³ مناطقی از ناحیه بررسی شده که توپوگرافی در آنها نزدیک به افق است رسوبات ماسه ای، رس و شنی در آنها تشکیل شده است. سخت شدگی در آنها خیلی ضعیف بوده بطوریکه بادهای محلی آنها را جابجا می نماید. گذر آنها با نهشته‌های واحد (Q²) تدریجی است.

Q⁴ در کفه‌های مناطق بررسی شده که منتها الیه آبراهه‌ها می باشند پس از ته نشین شدن مواد دانه درشت در آبراهه‌ها، مواد ریز و رسی باقی مانده در این مناطق جای می گیرند این مواد عمدتاً سفید رنگ هستند و در روی عکس‌های هوایی و روی زمین کاملاً متمایز می باشند.

Q^s در شمال منطقه بررسی شده، در منتها الیه آبراهه و رودخانه‌ها، ریزدانه‌ترین رسوب‌های آبرفتی تشکیل شده است که در حد گل، لای و فورش است. افزون بر رسوب‌های فوق، مقداری شن‌های بادی نیز مشاهده می شود که توسط باد و طوفان‌های محلی حمل و برجای گذاشته شده است. در فصل و سال‌های بارانی بصورت دشت‌های سیلابی و در زمان‌های خشک بصورت کفه‌های رسی سفید رنگ هستند. آبراهه‌های بخش خاوری این واحد از مارن‌های نمک و گچ دار عبور می کنند و نمک دار می باشند.

Q^{al} این نهشته‌ها در مسیر رودخانه‌ها تشکیل شده و یا در حال تشکیل است که در بارندگی‌های شدید و طغیان رودخانه‌ها تغییر فرم و شکل می دهند. اجزاء تشکیل دهنده از مواد دانه درشت و ریز شامل قلوه سنگ، ریگ، شن و ماسه بدون سیمان می باشد ولی روند اندازه دانه‌ها از دامنه ارتفاعات به سوی دشت کاهش می یابد.

sc در شمال خاور منطقه بررسی شده، در پایه بعضی از ارتفاعات، نهشته‌های خرد شده

انباشته گشته اند که به سبب قابل توجه بودن مقدار آنها تفکیک و نشان داده شده است.

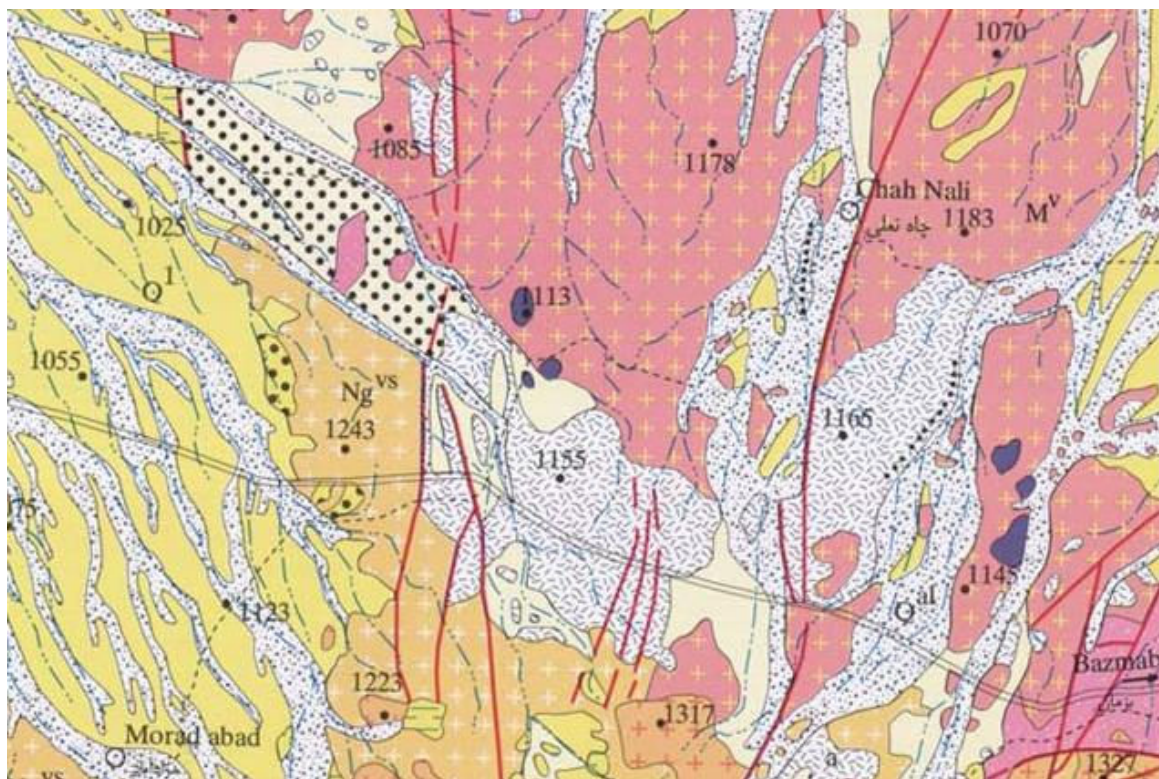
Q^{CS} در گوشه شمال خاور منطقه بررسی شده، در حاشیه رودخانه سمسور، در مناطق نزدیک به افق، یک سری رس، ماسه و فورش برجای مانده است که بخشی بصورت نیزار و بخشی بعنوان زمین کشاورزی، زراعت کاشته می شود. سخت شدگی نهشته های این واحد خیلی ضعیف، اندازه آنها در حد ماسه و رس است.

۳-۳- تکتونیک

ورقه یک صد هزارم چاه سنگی در بخش جنوب خاوری چهار گوش ۱:۲۵۰/۰۰۰ جهان آباد واقع است. منطقه جهان آباد بین پهنه های لوت، حوضه فلیشی مکران و فرونشست جازموریان قرار دارد. بیشتر نهشته های آن از سنگ های آتشفشانی - رسوبی نئوژن و کواترنر تشکیل شده است. بیشتر سنگ های رویه آنها از سنگ های آتشفشان بزمان است. بخشی نیز توسط آبرفت های کواترنر پوشیده شده است. روند عمومی سنگ های آتشفشانی نئوژن ناحیه بررسی شده شمال باختر - جنوب خاور است که به نظر می رسد جزئی از نوار آتشفشانی ارومیه - بزمان باشند. سنگ های آتشفشانی میوسن و نهشته های کنگلومرانی نئوژن روند شمالی - جنوبی دارند. این روند، از دو روند اصلی نوار ارومیه - بزمان (شمال باختر - جنوب خاور) و شمال - جنوب (پهنه لوت) متاثر می باشد.

ارتفاعات جنوب باختر ناحیه بررسی شده، جزو نوار ارومیه - بزمان بوده که از مرز ترکیه و ایران شروع شده با روند شمال باختر - جنوب خاور ادامه دارد. کهن ترین برونزد های ناحیه بررسی شده، مربوط به سنگ های آتشفشانی - آذرآواری نئوژن است که نشانگر تکرار جنب و جوش های آتشفشانی و زمان های آرامش بین آنها است که در زمان های مناسب با پیشرفت موقت دریا و فرسایش شدید ارتفاعات باعث تشکیل نهشته های ضخیم آبرفت ها و مخروط افکنه های کنگلومرانی کواترنری گشته است. کج بودن این رسوب ها، نشانگر جنبش های تکتونیکی در ناحیه است. ویژگی های زمین شناسی ناحیه بررسی شده بیشتر با پهنه بلوک لوت هماهنگی دارد. روند کلی نهشته ها عمدتاً شمالی - جنوبی است. دگرشکلی و امتداد گسل ها نشان می دهد عوامل تکتونیکی موثر بیشتر زیر تاثیر پهنه لوت بوده است. نهشته های ولکانیکی میوسن در شمال خاور ناحیه بررسی شده، کهن ترین سنگ های ناحیه است روند آنها نزدیک به شمال - جنوب است. خاستگاه چندین واحد نهشته های ناحیه بررسی شده، آتشفشان بزمان و سنگ های آتشفشانی - آذرآواری نئوژن بوده که نشانگر تکرار جنبش های حاکم در منطقه می باشد. این تنوع در حوالی آتشفشان بزمان بیشتر است. نهشته های آتشفشانی با دور شدن از محل آتشفشان منشاء خود کمتر می شوند. قابل توجه است آبرفت های بر جای مانده دارای روند شمال - جنوب تا شمال باختر - جنوب خاور دارند. مارن های نئوژن، آبرفت ها و مخروط افکنه های کنگلومرانی (فنگلومرا) کج شده اند که معرف موثر بودن رخداد تکتونیکی

پاسادنین (Pasadenian) در ناحیه است. منطقه بررسی شده، در زمان کوتاه‌تر نیز تا حدودی نا آرام بوده و این نا آرامی با تجدید فعالیت های آتشفشان بزمان و سایر آتشفشان های بازالتی نمایان است. در ناحیه بررسی شده دو ساختار عمده نمایان است. یکی در گوشه جنوب خاور، که آتشفشان بزمان واقع است. دومی گسل های تقریباً شمالی - جنوبی که در بخش های مرکزی و باختر ناحیه دیده می شوند. این گسل ها، بر روی عکس های هوایی کاملاً مشخص است ولی ردیابی آنها بر روی زمین، بدلیل پوشش نهشته های آواری مشکل می باشد ولی در لایه های متراکم تر و سخت تر، نشانه هایی از افتادگی و اختلاف ارتفاع ناگهانی می توان دید. تمرکز سیلیس در جنوب چاه نعلی واقع در خاور ناحیه بررسی شده نشانه ای از این گسل ها می تواند باشند.



شکل (۲-۴): نقشه زمین‌شناسی اطراف محدوده چاه نلی (اقتباس از برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ چاه سنگی)

LEGEND

راهنما



شکل (۲-۵): راهنمای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه سنگی

۴- پیشینه مطالعات و کارهای انجام شده قبلی در محدوده بزمان

درسالهای اخیر، استان سیستان و بلوچستان به دلیل داشتن پتانسیلهای متعدد کانی زایی، مورد توجه مراکز تحقیقاتی و به خصوص سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور قرار گرفته است اما متأسفانه به دلیل کمبود امکانات، نامساعد بودن شرایط اقلیمی و بعضاً امنیتی و وضعیت مرزی منطقه، مطالعات سیستماتیک تا قبل از سال ۱۳۸۴ در منطقه انجام نگرفته است. از اینرو این منطقه از لحاظ معدنی تقریباً بکر و دست نخورده باقی مانده است.

در چند سال گذشته مطالعاتی توسط طرح اکتشاف سیستماتیک مواد معدنی در استان سیستان و بلوچستان و چند شرکت خصوصی در منطقه صورت گرفته که برخی نیز منجر به اکتشافات تفصیلی و مطالعاتی تکمیلی شده است. در ذیل مختصراً به بررسی ها و مطالعات قبلی انجام شده در ناحیه مورد نظر می پردازیم:

ناحیه اکتشافی بزمان برای نخستین بار در گزارش بررسیهای متالورژی استان سیستان و بلوچستان (موسسه تحقیقات علوم و فنون زمین، ۱۳۷۸) به عنوان یک اولویت اکتشافی مطرح شد. در سال ۱۳۸۲ و بنابر نظر سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، در منطقه‌ای به مساحت ۱۱۵ کیلومتر مربع مطالعات ژئوشیمی و کانی سنگین و همچنین تهیه نقشه زمین شناسی- معدنی منطقه با مساحتی حدود ۸۱ کیلومتر مربع در قالب طرح اکتشاف مواد فلزی در شمال بزمان توسط شرکت پارس کانی تهیه گردید.

در سال ۱۳۸۴ مطالعات ژئوشیمیایی ناحیه ای در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ براساس مطالعه نمونه های آبراهه ای و کانی سنگین در برکه چاه سنگی انجام شد.

در ادامه مطالعات و تا ابتدای سال ۱۳۸۶، در آنومالی شماره ۱ بزمان (آنومالی چاه نعلی) انجام عملیات اکتشافی در قالب حفر ترانشه های اکتشافی و تهیه نقشه زمین شناسی- معدنی ۱:۵۰۰۰ توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی (طرح اکتشاف مواد معدنی در سیستان و بلوچستان) صورت پذیرفت که در این مطالعات ضمن تعیین کمیت، کیفیت و جایگاه کانی سازی در سطح، کلیدوراهنمای مناسبی برای مطالعه سایر مناطق آنومال به دست آمد.

در زمستان سال ۱۳۸۶ انجام مطالعات اکتشافی در آنومالی شماره ۳ آغاز گردید. در این مرحله تعداد ۸ ترانشه اکتشافی به طول کلی ۲۲۶ متر حفر و ضمن برداشت مقاطع زمین شناسی و رسم رخنمون ترانشه ها، تعداد ۱۷۰ نمونه نیز برداشت شد. همچنین در آنومالی شماره ۲ انجام مطالعات اکتشافی با برداشت ۱۸ نمونه اکتشاف چکشی در اواخر سال ۱۳۸۶ آغاز گردید.

در ادامه عملیات اکتشافی انجام شده در آنومالی چاه نعلی، تا سال ۱۳۸۷ انجام بررسیهای اکتشاف سطحی شامل تهیه نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی معدنی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰، برداشت نمونه های سنگی، حفر و برداشت ترانسه های اکتشافی، تهیه و مطالعه مقاطع نازک، صیقلی و غیره انجام و رگه های کانی سازی را مشخص و بر این اساس اقدام به حفر حدود ۱۵۰۰ متر گمانه اکتشافی در ۱ سطح (عمق حدود ۸۰ تا ۱۵۰ متر) بر روی نقاط دارای کانی سازی انجام پذیرفته است.

در سال ۱۳۸۸ لاگینگ مغزه ها و نمونه برداری و آنالیز نمونه ها انجام پذیرفته است.

۵- نمونه برداری تکنولوژیکی

جهت انجام مطالعات اولیه فرآوری نمونه از ترانسه هایی که قبلا برای مطالعات اکتشافی حفر شده بود با راهنمایی کارشناسان اکتشاف برداشته شد. جدول (۱-۲) ترانسه، موقعیت و میزان نمونه برداشت شده از هر ترانسه را نشان می دهد.

جدول (۱-۲): موقعیت و میزان نمونه‌های برداشت شده از کانسار بزمان

ترانسه	موقعیت جغرافیایی نمونه	میزان تقریبی نمونه (کیلوگرم)	توضیحات
ترانسه T1	N۲۸°،۱۹'،۳۵/۶" E۵۹°،۵۹'،۲۰/۸"	۲۵	
ترانسه T2	N۲۸°،۱۹'،۳۹/۹" E۵۹°،۵۹'،۲۴/۵"	۲۵	
ترانسه	N۲۸°،۱۹'،۴۸/۶" E۵۹°،۵۹'،۳۳/۷"	۲۰	حفر این ترانسه به پیشنهاد مهندس برنا انجام گرفته است
ترانسه T06	N۲۸°،۱۹'،۵۵/۹" E۵۹°،۵۹'،۷۳/۹"	۲۰	ژیپس - سیلیس - کائولن
ترانسه	N۲۸°،۱۹'،۵۷" E۶۰°،۰۰'،۰۰"	۲۵	
ترانسه T09	N۲۸°،۲۰'،۱۵/۷" E۶۰°،۰۰'،۱۵/۱"	۲۰	سیلیس های برشی دارای قطعات خرد شده
ترانسه	N۲۸°،۲۰'،۰۵/۷" E۶۰°،۰۰'،۰۷"	۲۰	حفر این ترانسه به پیشنهاد مهندس برنا انجام گرفته است
ترانسه T10	N۲۸°،۲۵'،۲۳/۹۷" E۶۰°،۰۰'،۱۹/۵"	۲۵	سیلیس های سفید رنگ به همراه سیلیس های خاکستری دارای پیریت و ژئود
ترانسه T10	N۲۸°،۲۰'،۱۹/۴" E۶۰°،۰۰'،۱۷"	۲۵	

فصل ۳

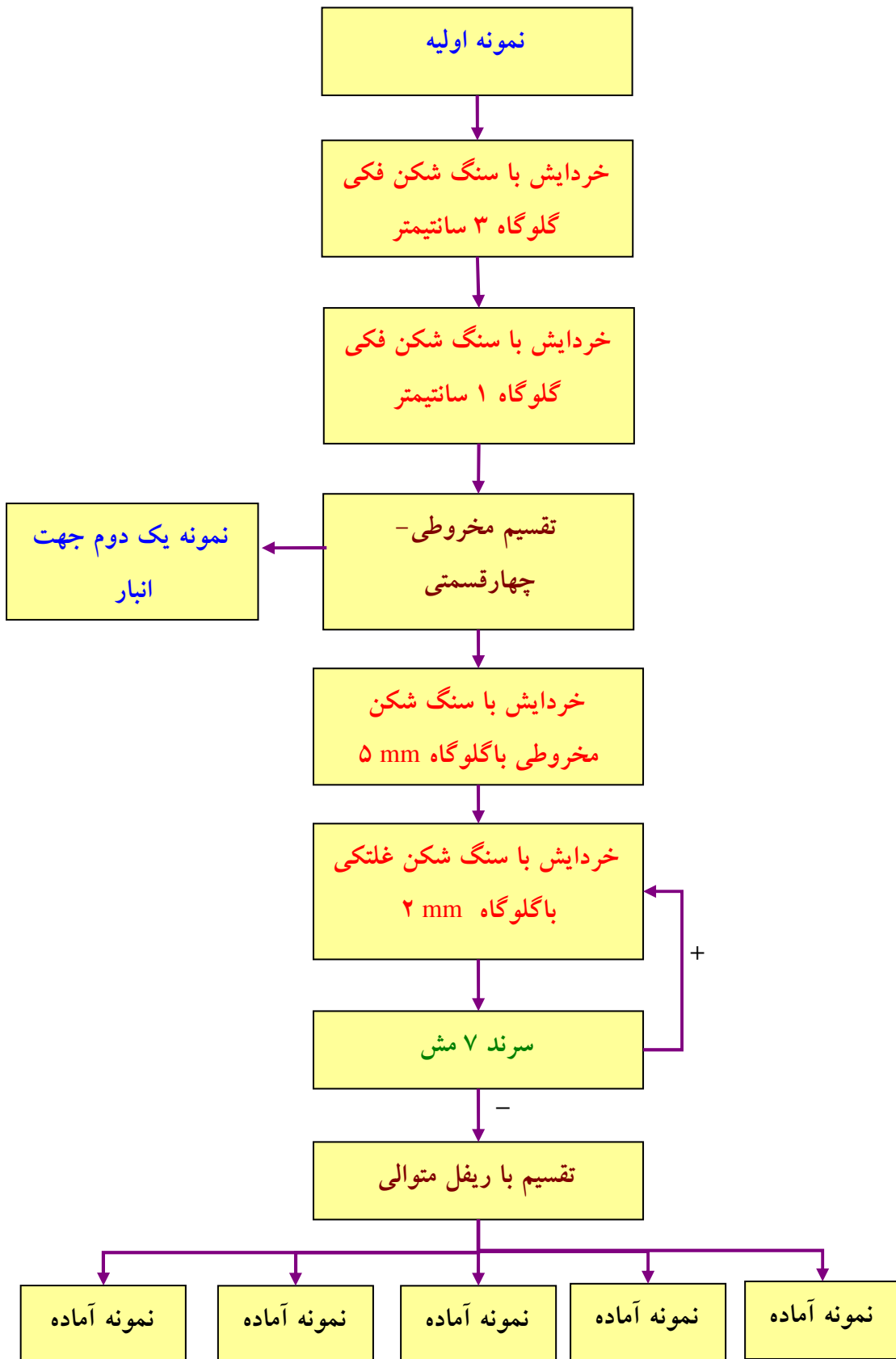
روش، مواد و

تجهیزات

۱- آماده‌سازی نمونه

۱-۱- آماده‌سازی کلی نمونه

مراحل آماده‌سازی شامل مخلوط و همگن سازی، تقسیم، کاهش ابعاد (سنگ شکنی و آسیا) و طبقه بندی ابعادی می‌باشد. آماده‌سازی کلی نمونه طبق فلوشیت **شکل (۳-۱)** انجام شد. در این تحقیق جهت خردایش نمونه تا ابعاد زیر ۳۰ میلی‌متر از سنگ شکن فکی بزرگ با گلوگاه ۲۰ میلی‌متر، برای خردایش تا زیر ۱۰ میلی‌متر از سنگ شکن فکی کوچک با گلوگاه ۷ میلی‌متر و برای خردایش تا زیر ۷ مش از سنگ شکن مخروطی و غلطکی استفاده شده است. نمونه‌ها بعد از هر مرحله کاهش ابعاد به خوبی مخلوط شده و با توجه به ابعاد نمونه و مقدار آن به روش مخروطی و یا توسط ریفل تقسیم گردیده است. نمونه‌های آماده شده‌ی نهایی ۲ و ۴ کیلوگرمی بوده‌اند.



شکل (۱-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه

۱-۲- آماده سازی نمونه برای آنالیز کلی و طلا

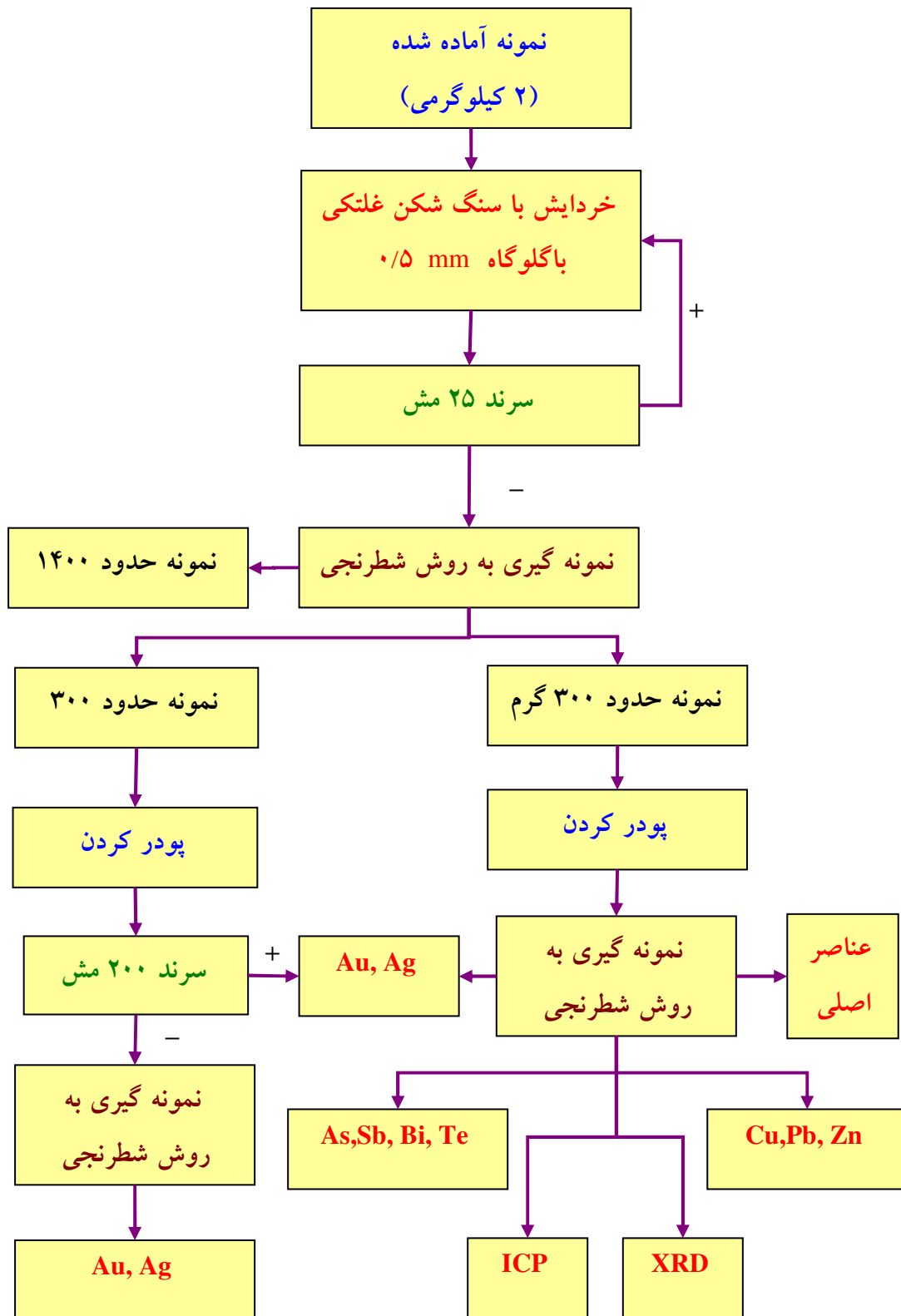
برای نمونه گیری جهت آنالیز و ارسال به آزمایشگاه از فلوشیت **شکل (۲-۳)** استفاده شده است که طبق آن دو روش برای آماده سازی نمونه ها گرفته شده است. در روش اول برای آنالیز عناصر اصلی، XRD، عناصر مضر در فرآیند (Cu,Pb,Zn,As,Sb,Bi,Te)، ICP، نقره و طلا نمونه به طور عادی آماده سازی شد. اما در روش دوم جهت حذف خطای ناشی از وجود طلای درشت دانه، نمونه پس از پودر شدن توسط الک ۲۰۰ مش سرند شده و بخش های +۲۰۰ و -۲۰۰ جداگانه به آنالیز فرستاده شد. عیار نهایی طلا از متوسط گیری وزنی این دو بخش بدست آمده است. لازم به ذکر است که تمام نمونه +۲۰۰ در مرحله ذوب استفاده می شود تا خطائی بوجود نیاید. علاوه بر این وجود اختلاف فاحش در عیار این دو بخش نشان دهنده وجود طلای آزاد درشت دانه است. جهت پودر کردن نمونه ها برای آنالیز از پودرکن دیسکی و آسیای گلوله ای سیاره ای استفاده شد.

۱-۳- آماده سازی نمونه برای آزمایش های میز لرزان

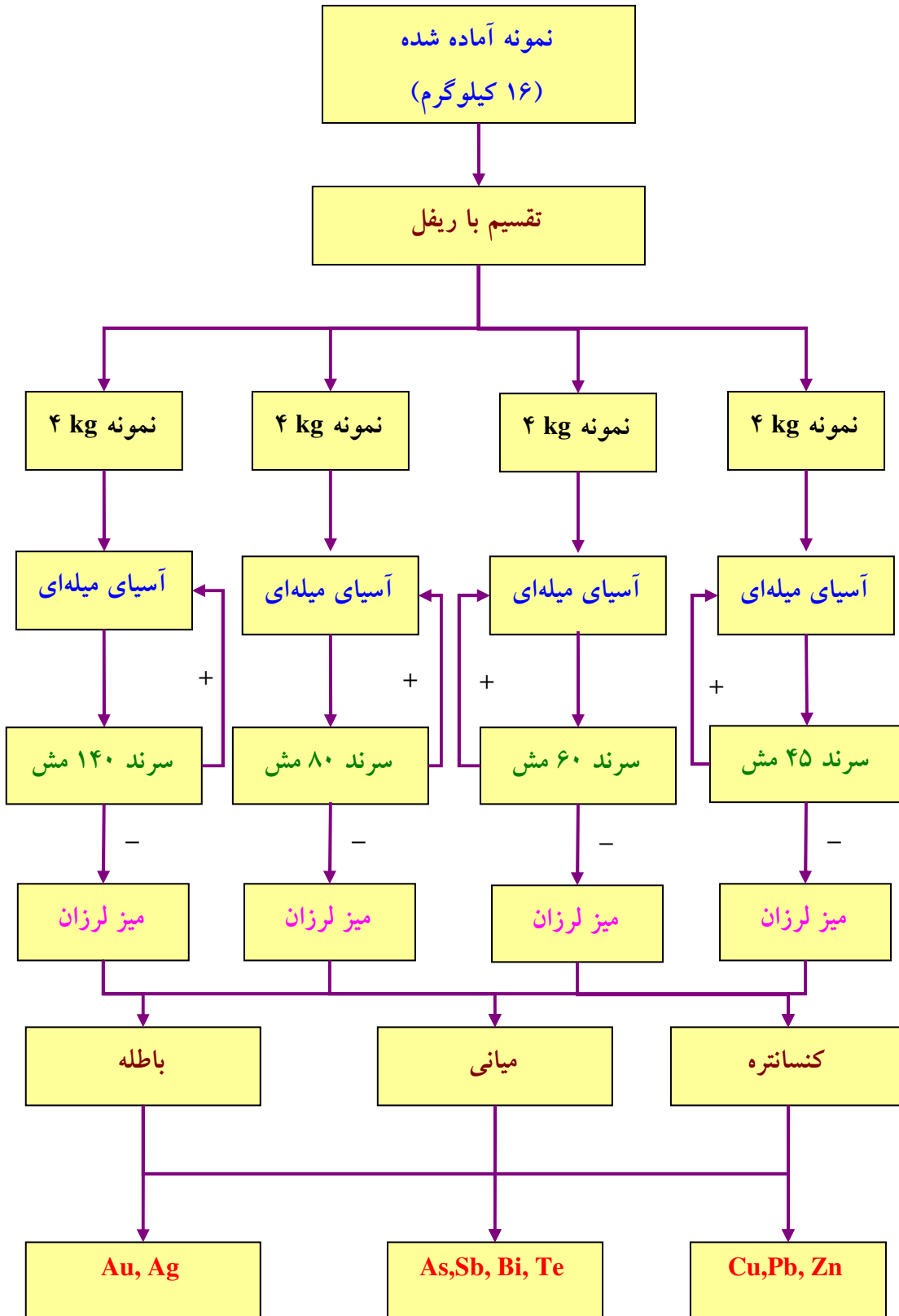
برای هر دانه بندی از آزمایش های میز لرزان ۲ نمونه به وزن ۲/۱ کیلوگرم طی خردایش مرحله ای با درصد جامد ۶۰ درصد به دانه بندی مورد نظر رسانده می شود. سپس این دو نمونه مخلوط شده به آزمایش میز ارسال می شود. **شکل (۳-۳)** فلوشیت آماده سازی نمونه برای آزمایش های میز را نشان می دهد.

۱-۴- آماده سازی نمونه برای آزمایش های سیانوراسیون

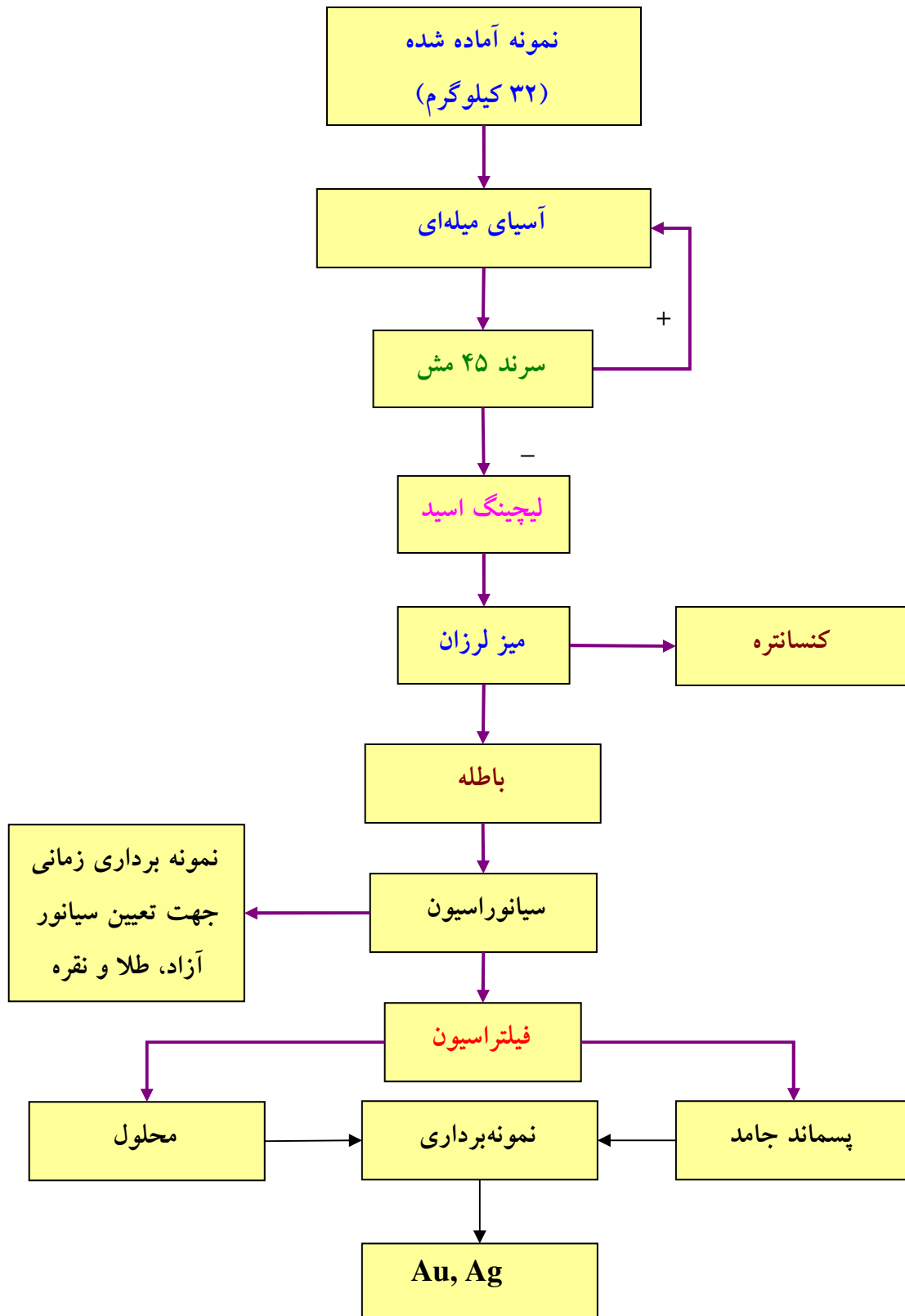
برای آزمایش های لیچینگ حدود ۳۲ کیلوگرم نمونه آماده سازی شده در بیچ های ۲/۱ کیلوگرمی با خردایش مرحله ای به زیر ۶۰ مش رسانده می شود. این نمونه ها در شرایط ذکر شده با روش لیچینگ اسیدی لیچ می شود. پسماند جامد بیچ ها باهم مخلوط شده و تحت آزمایش میز قرار می گیرد. باطله میز جمع آوری و خشک شده و سپس توسط ریفل به نمونه های ۲/۱ کیلوگرمی تقسیم می شود. هر چهار بیچ از این نمونه های ۲/۱ کیلوگرمی طی زمانهای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ دقیقه در آسیای میله ای در درصد جامد ۶۰ درصد خرد شده و پس از آگیری خشک می شود. نمونه های خشک شده باهم مخلوط شده و مجدداً توسط ریفل به نمونه های به وزن ۱/۵ کیلوگرم تقسیم می شود. بدین ترتیب ۱۶ نمونه در دانه بندی های مختلف برای آزمایش های سیانوراسیون آماده می شود. فلوشیت **شکل (۴-۳)** مراحل آماده سازی نمونه را برای آزمایش های سیانوراسیون نشان می دهد.



شکل (۲-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه جهت شناسایی نمونه



شکل (۳-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه برای آزمایش‌های میز



شکل (۴-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه برای آزمایش‌های سیانوراسیون

۲- اندازه گیری طلا

چون طلا در نمونه جامد و در محلول حاصل از سیانوراسیون به دو صورت جامد و محلول وجود دارد بنابراین دو شیوه آزمایش برای اندازه گیری طلا انجام گرفت که در زیر این دو شیوه بصورت جداگانه توضیح داده می شود.

۲-۱- اندازه گیری طلا بصورت جامد^۱

قبل از تشریح روش اندازه گیری، ذکر این نکته لازم است که اندازه گیری طلا به روشهای معمولی خطای زیادی را به همراه دارد و در سراسر دنیا روش اندازه گیری طلا یا بوسیله روش (Fire Assay) یا بوسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی است. اگرچه این روش گران و فرآیندی طولانی است ولی هنوز هم تقریباً در تمام معادن استفاده می شود. جهت انجام آزمایش ۵۰ گرم از نمونه جامد پودر شده (۸۰ درصد زیر ۷۵ میکرون) از نمونه ای مورد نظر برداشته می شود. برای نمونه برداری، پس از مخلوط کردن کامل نمونه آنرا پهن و مسطح کرده و توسط خط کش بصورت شطرنجی تقسیم بندی می کنند. سپس بوسیله کاردک از مرکز مربع ها نمونه برداری می شود تا ۵۰ گرم نمونه بدست آید. نمونه حاصل بداخل یک هاون ریخته شده و ۱۵۰ گرم کمک ذوب به آن اضافه و در داخل هاون بخوبی مخلوط می شود (کمک ذوب از کربنات سدیم، براکس، لیتارژ، آرد، نفت و نیترا نقره به نستهای معینی مخلوط شده و بصورت آماده نیز وجود دارد).

مخلوط حاصل شده را درون بوته ای که از جنس خاک نسوز است ریخته و روی آنرا بوسیله لایه ای نازک از براکس می پوشانند. سپس بوته درون کوره گذاشته می شود که حرارت اولیه آن حدود ۸۰۰ درجه سانتیگراد است. سپس حرارت کوره بطور ملایم در طول ۴۵ دقیقه به حدود ۹۵۰ درجه سانتیگراد رسانده می شود. پس از ۱۵ دقیقه که کوره در این حرارت ثابت ماند درب کوره باز شده و بوته بازبینی می شود و بیرون از کوره تکان داده می شود تا ماده مذاب کاملاً مخلوط شود و دوباره بوته به درون کوره گذاشته می شود. بعد از ۱۵ دقیقه بوته را خارج می کنند و ماده مذاب را درون ظرفی مخروطی شکل می ریزند. لازم بذکر است که ذوبی که انجام می گیرد ذوب قلیایی است و لیتارژ مورد استفاده در کمک ذوب توسط فعل و انفعالات شیمیایی احیا شده به صورت سرب فلزی در می آید، این سرب تمام فلزات گرانبها را بخود جذب می کند و بعلت سنگینی بیشتر در ته ظرف مخروطی جمع می شود.

پس از سرد شدن محصول ذوب آنرا برروی میز فلزی خالی می کنند و با ضربه های چکش

¹ Fire Assay

سرباره را که در قسمت بالای محصول ذوب وجود دارد جدا میکنند، سپس سرب حاصل را با چکش می‌کوبند تا تمام سرباره جدا شده و سرب را به شکل مکعب مستطیل در می‌آورند و سپس به قسمت کوپلاسیون ارسال می‌گردد. در قسمت کوپلاسیون به سرب حاصل مقداری ورقه نقره‌ای خالص (عاری از طلا) اضافه می‌شود. ابتدا کوپل را درون کوره کوپلاسیون گذاشته و حداقل به مدت ۳۰ دقیقه در درجه حرارت ۷۰۰-۸۰۰ درجه سانتیگراد پیش گرم می‌کنند تا تمام ناخالصی‌ها و گازهای موجود در آن از بین برود (کوپل از استخوان ساخته می‌شود بدین ترتیب که استخوان را سوزانیده و سپس پودر می‌کنند و با آب مقطر مخلوط کرده و قالب می‌زنند و گاهی کوپل از منیزیت به اضافه مقدار کمی سیمان ساخته می‌شود. خاصیت آن جذب سرب به اندازه وزن خود کوپل است). سپس درجه حرارت را به ۹۵۰-۹۰۰ درجه سانتیگراد رسانیده و سرب همراه با نقره را در داخل کوپل می‌گذارند و درب کوره را می‌بندند. پس از ۲۰-۳۰ دقیقه درب کوره را کمی باز می‌گذارند تا سرب اکسیده شده و بصورت بخار اکسید سرب خارج گردد. بنابراین مقداری از سرب جذب کوپل شده و مقداری نیز تصعید می‌شود. جسمی که در پایان فرآیند کوپلاسیون باقی می‌ماند دانه ای نقره‌ای همراه با طلاست. این نمونه به قسمت اسیدشویی فرستاده می‌شود. در قسمت اسیدشویی ۰/۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ درون لوله آزمایش ریخته و بر روی اجاق برقی گذاشته شده و دانه نقره ای را درون لوله می‌اندازند و حرارت می‌دهند تا نقره بوسیله اسید نیتریک حل شود. پس از اتمام واکنش، لوله آزمایش در هوای اتاق سرد می‌شود. سپس ۱ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ به آن اضافه می‌شود. لوله آزمایش را به مدت حداقل دوساعت در دمای اتاق می‌گذارند تا واکنش انجام گیرد، در این واکنش کلرید سفید رنگ نقره رسوب میکند و محیطی تیزابی برای انحلال طلا آماده می‌شود. سپس ۸/۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه می‌کنند و توسط دستگاه جذب اتمی غلظت طلا را مشخص می‌کنند. دقت اندازه گیری در این روش ۰/۱ ppm است.

۲-۲- اندازه گیری محلولهای سیانوری طلا

محلول حاوی طلای حاصل از فرآیند سیانوراسیون را با روشهای معمولی نمی‌توان اندازه گیری نمود. روش مناسب برای اندازه گیری طلای حل شده در سیانور، روش استخراج طلا از محلول سیانوری توسط مواد آلی است. روش کار چنین است که مقدار مشخصی از محلول سیانور بسته به عیار تقریبی که حدس زده می‌شود (۵ تا ۲۵ میلی لیتر) توسط پیپت برداشته و در داخل یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و سپس پنج میلی لیتر KCl ۲۵ درصد و ۳۰ میلی لیتر KCN ۰/۱

درصد (1000 ppm) و پنج میلی لیتر از حلال آلی (DIBK¹) اضافه می‌شود (DIBK حلال آلی دی ایزوبوتیل کتن شامل یک درصد نمک تری و اکتیل متیل کلراید آمونیم یا الیکوت ۳۳۶ است). سپس محلول حاصل بمدت حداقل یک دقیقه با شدت به هم زده می‌شود. تقریباً ۹۹ درصد طلا جذب ماده آلی می‌شود، سپس غلظت طلا در ماده آلی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شده و عیار طلا محاسبه می‌گردد. دقت اندازه گیری در این روش حدود ۰/۰۱ ppm است که دقت بسیار خوبی است.

۳- اندازه گیری سیانور آزاد

برای تعیین مقدار سیانور آزاد CN⁻ در محلولهای بدست آمده از فرآیند سیانوراسیون غالباً از روش تیتراسیون بوسیله نیترات نقره استفاده می‌شود. برای این منظو از محلول ۰/۰۱۰۲ مولار نیترات نقره و محلول ۱۰ درصد یدید پتاسیم استفاده می‌شود. یدید پتاسیم علاوه بر تشخیص آسان نقطه پایانی واکنش در اثر تغییر رنگ، از واکنش نیترات نقره با کمپلکس مس جلوگیری کرده و مانع از اندازه گیری این کمپلکس مس به عنوان سیانور آزاد می‌شود. در اثر این عمل دقت اندازه گیری سیانور آزاد افزایش می‌یابد.

برای تهیه محلول ۰/۰۱۰۲ مولار نیترات نقره ۱/۷۳ گرم AgNO₃ (با وزن ملکولی ۱۶۹/۶۱) در یک لیتر آب مقطر حل می‌شود. نیترات نقره در برابر نور آفتاب تجزیه می‌شود، بنابراین محلول آماده شده باید در یک ظرف تیره نگهداری شود. برای تهیه محلول ۱۰ درصد یدید پتاسیم ۱۰ گرم از این ماده در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل می‌شود.

روش کار بدین صورت است که حدود ۱۰ میلی لیتر از محلول مورد آزمایش برداشته شده و به آن ۳ تا ۴ قطره (در حدود ۰/۵ میلی لیتر) از محلول یدید پتاسیم بعنوان معرف اضافه و توسط نیترات نقره تیتراسیون تا زمان تغییر رنگ محلول به حالت ابری متمایل به آبی ادامه می‌یابد. مقدار مصرف محلول نیترات نقره برحسب میلی لیتر در عدد ۱۰ ضرب می‌شود تا مقدار سیانور آزاد برحسب ppm بدست آید (یا ضربدر ۰/۰۱ می‌شود تا مقدار سیانور آزاد بر حسب درصد بدست آید). لازم بذکر است که محلول باید قبل از آزمایش به وسیله فیلتراسیون کاملاً شفاف شود.

¹ DIBK

² Aliquat-336

۴- تخمین سیانور مصرفی توسط کانسنگ

تخمین دقیق سیانور مصرفی در طول آزمایش‌های لیچینگ با نمونه‌برداری از پالپ در فواصل زمانی منظم و تعیین سیانور آزاد آن به روش تیتراسیون میسر می‌باشد. اما برای تخمین اولیه سیانور مصرفی و همچنین غربالگری فرآیندها می‌توان از روش ساده و سریع استفاده کرد. برای این منظور ۴۰ الی ۵۰ گرم نمونه به نسبت ۱ به ۳ با محلول سیانور ۰/۵ درصد به مدت دو ساعت در $\text{pH} = 10.5$ لیچ می‌شود. پس از اتمام لیچینگ پالپ فیلتر شده و نمونه‌ای به حجم ۱۰ میلی‌لیتر از محلول آن برداشته می‌شود. این محلول جهت اندازه‌گیری سیانور آزاد تیترا می‌شود. پس از اندازه‌گیری سیانور آزاد مقدار سیانور مصرفی قابل محاسبه است.

۵- آزمایش ثقلی

برای انجام آزمایش‌های ثقلی از میز ویفلی استفاده شده است. برای این منظور نمونه‌ای به وزن ۴ کیلوگرم توسط آسیای میله‌ای با خردایش مرحله‌ای به اندازه مورد نظر آسیا می‌شود. نمونه پس از آسیا کردن خشک می‌شوند. نمونه خشک شده برای برطرف کردن کلوخه از سرنده ۴۵ مش عبور داده شده و آماده آزمایش میز می‌شود. تمام آزمایش‌ها میز در شرایط یکسان به شرح جدول (۱-۳) انجام شده است. آزمایش‌های میز شامل سه محصول کنسانتره، میانی و باطله بوده‌اند.

جدول (۱-۳) شرایط انجام آزمایش‌های میز

مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر
۶۰۰	نرخ خوراک دهی (g/min)	۴	شیب میز (درجه)
۵	نرخ آب پالپ (l/min)	۴	آب شستشو (l/min)

۶- سیانوراسیون همزنی

نمونه‌های مورد استفاده برای لیچینگ سیانوری طبق فلوشیت شکل (۳-۴) آماده‌سازی شده است. وزن نمونه‌های بدست آمده از این فلوشیت ۱/۵ کیلوگرم می‌باشد. این نمونه‌های ۱/۵ کیلوگرمی در داخل آسیای گلوله‌ای به مدت از پیش تعیین شده توسط طرح آزمایش‌ها با درصد جامد ۶۰ درصد آسیا می‌شود. توزیع دانه‌بندی محصولات آسیا در بخش چهار آمده است. برای لیچینگ کانسار فوق از روش همزنی استفاده شده است. برای این منظور همزنهای هایدولف بکار گرفته شده است. برای لیچینگ از بشرهای شیشه‌ای ۵ لیتری استفاده شده است. جهت یکسان بودن الگوی اختلاط قطر بشر و پره همزن در تمام آزمایشات یکسان بوده است. همچنین دور

همزن در تمام آزمایش‌ها ۴۰۰ دور در دقیقه بوده است. دمای انجام آزمایش‌ها دمای محیط (۲۷ درجه) بوده که حداکثر تغییر دمای بیش از ۵ درجه سلسیوس نبود.

طرح آزمایشات شامل تعداد و شرایط آزمایش‌ها توسط طراحی آماری آزمایش‌ها به روش تاگوچی مشخص شده است. در این آزمایش‌ها تاثیر عوامل دانه‌بندی، pH، غلظت سیانور در دو سطح مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به تعداد عوامل و سطوح آن آرایه L4 برای این منظور مناسب تشخیص داده شد این آرایه حاوی ۴ آزمایش است. آزمایش‌ها طبق این طرح و جهت حذف تاثیر عوامل غیر قابل کنترل به طور تصادفی انجام شده است.

برای انجام آزمایش‌ها ابتدا به مقدار محاسبه شده داخل بشر آب ریخته می‌شود تا درصد جامد مورد نظر بدست آید. سپس مقدار مشخص سیانور به صورت جامد یا به صورت محلول یک درصد سیانور به آب اضافه شده تا غلظت سیانور مورد نظر حاصل شود. در نهایت نمونه آماده شده به آن اضافه شده و pH پالپ با افزودن شیر آهک با غلظت یک درصد هیدرات کلسیم تنظیم می‌شود. حجم شیر آهک در تمام مراحل تنظیم pH جهت محاسبه مقدار آهک مورد نیاز یادداشت می‌شود.

جهت تعیین نرخ مصرف سیانور و تنظیم غلظت آن همچنین نرخ انحلال طلا در زمانهای ۱، ۷ و ۲۴ ساعت از پالپ هر آزمایش نمونه برداری شد. جهت نمونه برداری ابتدا دستگاه همزن را خاموش کرده و به مدت ۵ دقیقه اجازه ته‌نشینی به پالپ داده می‌شود. این عمل به منظور سهولت فیلتراسیون انجام می‌شود. پس از تشکیل خط گل و شفاف شدن مایع روی خط گل توسط بشری ۱۰۰ میلی‌لیتر آن به آرامی نمونه برداری شده به طوری که مواد جامد تا حد ممکن به داخل نمونه انتقال نیابد. نمونه برداشته شده در داخل بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر دیگر ریخته می‌شود. این عمل چند بار تکرار شده تا حجم نمونه برداشت شده به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسد.

نمونه برداشت شده جهت حذف مواد جامد معلق و شفاف سازی محلول توسط فیلتر خلاء فیلتر می‌شود. برای این منظور از فیلتر زیتتر گلس (شیشه‌ای زیتتر شده) استفاده شده است. قبل از ریختن محلول در داخل قیف زیتتر گلس داخل آن یک عدد کاغذ فیلتر گذاشته می‌شود تا از کور شدن و کاهش کارایی آن جلوگیری شود. تمام شیشه آلات مورد استفاده در نمونه برداری، فیلتراسیون و تیتراسیون باید کاملاً خشک باشند. پس از فیلتراسیون حجم نمونه برداشت شده به دقت اندازه گیری شده و از آن نمونه‌ای به حجم ۱۰ میلی‌لیتر برای تیتراسیون گرفته می‌شود. مابقی محلول جهت ارسال به آزمایشگاه برای اندازه‌گیری طلا، مس، سرب، روی، آرسنیک داخل بطری ریخته شده و نگهداری می‌شود.

نمونه گرفته شده از محلول شفاف شده به داخل یک بشر ۱۰۰ یا ۵۰ میلی لیتر (کاملاً خشک) دیگر انتقال یافته و به مقدار سه الی چهار قطره (یا ۰/۵ میلی لیتر) به آن یدید پتاسیم اضافه می شود. سپس با نیترات نقره یک درصد تیترا شده تا غلظت سیانور آزاد بدست آید. با مشخص شدن مقدار سیانور آزاد، میزان سیانور لازم برای تنظیم غلظت آن به مقدار اولیه از رابطه زیر استفاده می شود.

$$M_{NaCN} = C_{NaCN}^P \times 10 \times \left(\frac{100 - S}{S} \times M_S \right) - C_{NaCN}^F \times 10 \times \left(\frac{100 - S}{S} \times M_S - \frac{V_S}{1000} \right)$$

در این رابطه M_{NaCN} وزن سیانور مورد نیاز، C_{NaCN}^P غلظت سیانور اولیه، S درصد جامد پالپ، M_S وزن نمونه اولیه، C_{NaCN}^F غلظت سیانور آزاد اندازه گیری شده و V_S حجم نمونه برداشت شده از پالپ است.

پس از این محاسبات به مقدار وزن سیانور سدیم محاسبه شده، از محلول یک درصد NaCN از قبل آماده شده حجم مشخصی برداشته می شود. حجم سیانور برداشت شده با آب به اندازه حجم نمونه برداشت شده رسانده شده و به پالپ اضافه می شود. در صورتیکه حجم سیانور مورد نیاز بیشتر از حجم نمونه برداشت شده (تقریباً ۱۰۰ میلی لیتر) باشد. جهت جلوگیری از هم خوردن درصد جامد، سیانور مورد نیاز به صورت جامد توزین شده و در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل شده و به پالپ اضافه می شود.

فصل ۴

مطالعات

آزمایشگاهی

۱- شناسایی نمونه

۱-۱- تعیین ترکیب شیمیایی نمونه بوسیله XRF و آنالیز تر

جهت تعیین ترکیب شیمیایی نمونه (اکسید عناصر اصلی) از روش XRF و آنالیز تراستفاده شد. نتایج این آنالیزها برای نمونه طلای بزمان به شرح جدول (۴-۱) می‌باشد. طبق این نتایج نمونه حاوی بیش از ۸۰ درصد اکسید سیلیسیم (SiO_2) است که نشان می‌دهد کانسنگ از نوع سیلیسی است.

۱-۲- تعیین کیفی ترکیب کانی‌شناسی به روش XRD

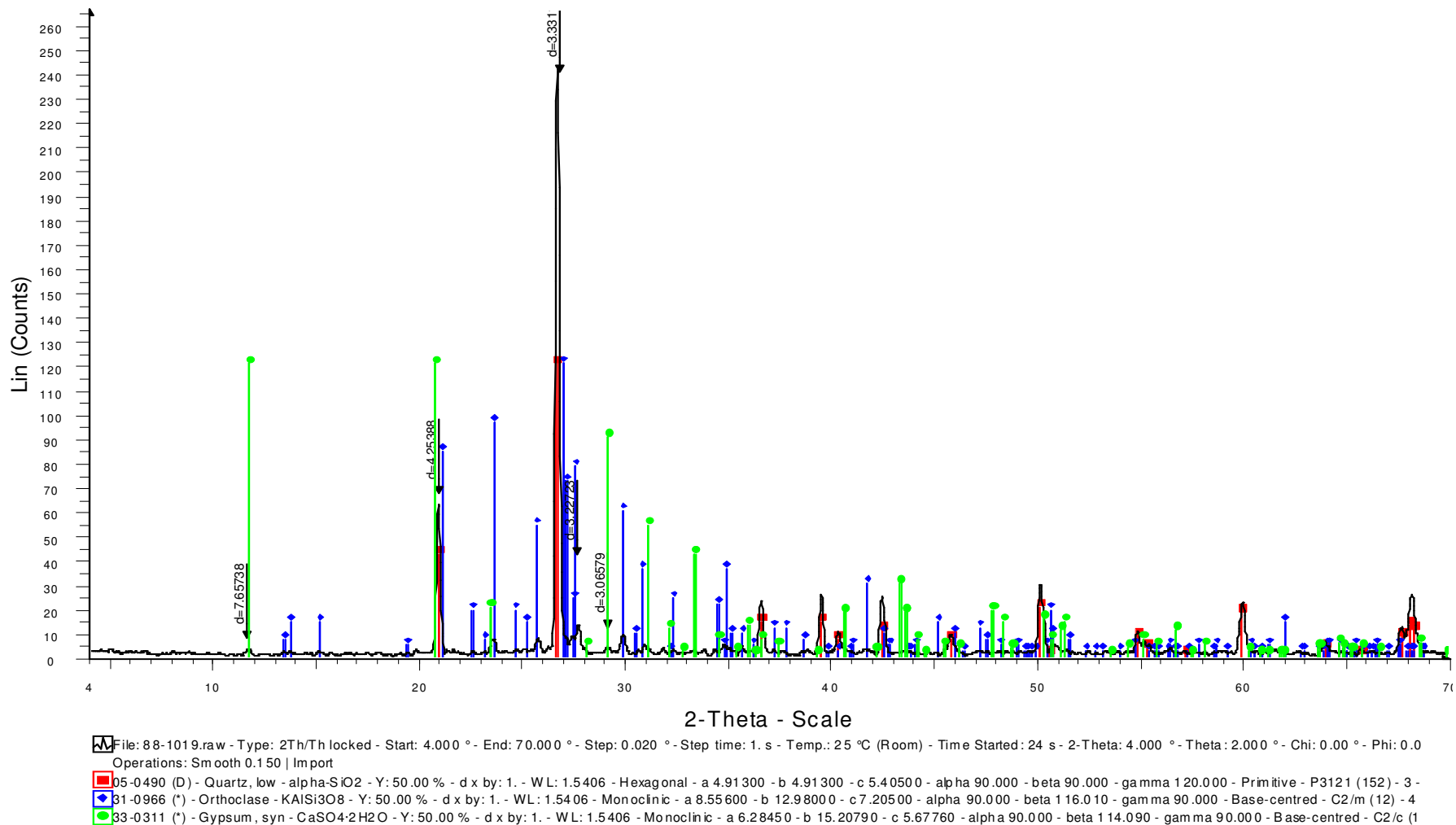
جهت شناسایی کانیهای اصلی موجود در نمونه‌ها از روش XRD (پراش اشعه ایکس) استفاده شد. نتایج XRD برای نمونه فوق به شرح جدول (۴-۲) و نمودار شکل (۴-۱) می‌باشد. در این جدول ترتیب قرارگیری کانی‌ها نشان دهنده فراوانی آنهاست. حد آستانه تشخیص XRD معمولاً ۵ درصد است؛ بنابراین اکثر کانی‌های موجود در نمونه توسط این روش تشخیص داده نمی‌شود.

جدول (۱-۴): ترکیب شیمیایی نمونه کانسار طلای بزمان

ردیف	اکسید عناصر (%)	XRF	آنالیز تر
۱	Na ₂ O	۰/۴۹	۰/۳۲
۲	MgO	۰/۱۷	۱/۱۱
۳	Al ₂ O ₃	۵/۲۵	۳/۰۶
۴	SiO ₂	۷۹/۶۹	۸۴/۰۱
۵	SO ₃	۴/۶۴	-
۶	K ₂ O	۳/۲۳	۲/۷۵
۷	CaO	۲/۰۹	۱/۵۵
۸	Fe ₂ O ₃	۱/۸۸	۲/۰۹
۱۰	P ₂ O ₅	۰/۰۳	۰/۰۹
۱۱	MnO		۰/۲
۱۲	L.O.I	۱/۸۸	۳/۳۹

جدول (۲-۴): ترکیب کانی شناسی نمونه کانسنگ طلای بزمان

ترکیب شیمیایی	کانی	ردیف
کانسنگ اولیه		
SiO ₂	کوارتز	۱
KAlSi ₃ O ₈	اورتوکلاز	۲
CaSO ₄ .2H ₂ O	ژیپس	۳



شکل (۱-۴): نمودار XRD نمونه کانسنگ طلای بزمان

۳-۱- تعیین مقدار طلا و نقره

برای تعیین بهتر مقدار طلا در نمونه علاوه بر تعیین مستقیم از تعیین به روش تجزیه سرنندی (۲۰۰ مش) و آنالیز جداگانه فراکسیونها نیز استفاده شده است. در نهایت متوسط آنها به عنوان عیار متوسط کانسنگ در نظر گرفته شده است. بر این اساس نمونه طلای بزمان حاوی ۱/۱ ppm طلا و ۲/۹۵ ppm نقره است.

۴-۱- تعیین عناصر مضر از دیدگاه فرآیند

عناصر فلزات پایه مثل مس، سرب و روی و سایر عناصر از جمله آرسنیک، آنتیموان، بیسموت، جیوه و تلوریم عناصر مضر در فرآیند است. وجود آنها نشان دهنده کانیهای مصرف کننده سیانور و ترکیباتی است که موجب مقاوم شدن کانسنگ می شود. جدول (۳-۴) آنالیز ICP نمونه را نشان می دهد. طبق این آنالیزها عیار فلزات مزاحم بحرانی به نظر نمی رسد.

جدول (۳-۴): عیار عناصر مضر از دیدگاه فرآیند

عناصر	غلظت (ppm)	عناصر	غلظت (ppm)
Ag	2.50	Mo	1.3
%Al ₂ O ₃	4.4	%Na ₂ O	0.2
As	6.4	Nb	4.2
B	6.0	Nd	8.3
Ba	145	Ni	5.4
Be	0.8	P	124.0
Bi	<0.5	Pb	23.3
%CaO	1.6	Rb	60.9
Cd	<0.1	S	9408
Ce	20.4	Sb	0.3
Co	4.7	Sc	5.0
Cr	192.7	Se	0.3
Cs	1.7	Sm	2.5
Cu	48.0	Sn	1.8
Dy	0.6	Sr	244.9
Eu	0.3	Ta	1.2
%Fe ₂ O ₃	2.3	Th	5.10
Ga	4.8	Ti	1126
Ge	0.8	Tm	0.2
Hf	3.5	U	1.8
Hg	0.05	V	43.0
%K ₂ O	2.6	W	<0.3
La	6.5	Y	5.7
Li	71.2	Yb	0.5
%MgO	0.2	Zn	59.9
Mn	227.1	Zr	45.0

۱-۵- وزن مخصوص و رطوبت

طبق اندازه گیریهای انجام شده نمونه حاوی ۱/۰۱ درصد رطوبت است. وزن مخصوص نمونه نیز ۲/۷ می باشد.

۲- آزمایشهای ثقلی

استفاده از روش ثقلی برای بازیابی طلای آزاد از دو جنبه حائز اهمیت است. اولاً طلا در کانسنگ مثل سرمایه است، لذا بازیابی زودتر آن از جهت بازگشت سریع سرمایه اهمیت دارد. زمان بازیابی در روشهای ثقلی زودتر از روشهای دیگر مثل سیانوراسیون است. از طرف دیگر وجود طلای درشت دانه موجب افزایش زمان سیانوراسیون می شود و در صورت استفاده از زمان ماند پائین افت شدیدی در بازیابی طلا بوجود می آید.

برای بازیابی طلای درشت دانه از کانسار فوق در این تحقیق از میز لرزان استفاده شده است. برای این منظور امکان بازیابی در چهار دانه بندی ۴۵-، ۶۰- و ۸۰- مش تحت شرایط ذکر شده در بخش هفت فصل سوم بررسی شد. آماده سازی نمونه برای آزمایشها نیز در همین فصل توضیح داده شده است. نتایج این آزمایشها برای بازیابی طلا **جدول (۴-۴)** آمده است. این جدول نشان می دهد با کاهش دانه بندی از ۴۵ مش به ۸۰ میزان بازیابی طلا از ۱۴/۵ به ۲۶ درصد و عیار طلا از ۲ ppm به ۶ ppm افزایش می یابد. با این وجود نتیجه چندان چشمگیر نیست.

۳- سیانوراسیون

۳-۱- تخمین سیانور مصرفی

برای تخمین سیانور مصرفی ۵۰ گرم نمونه به نسبت ۱ به ۳ با محلول سیانور ۰/۵ درصد به مدت دو ساعت در $\text{pH} = 10/5$ لیچ می شود. پس از اتمام لیچینگ پالپ فیلتر شده و نمونه ای به حجم ۱۰ میلی لیتر از محلول آن برداشته می شود. این محلول جهت اندازه گیری سیانور آزاد تیترو می شود. پس از اندازه گیری سیانور آزاد مقدار سیانور مصرفی قابل محاسبه است. طبق نتایج این آزمایشات میزان مصرف سیانور برای کانسنگ بزمان در حدود ۳/۵ کیلوگرم بر تن کانسنگ بدست آمد.

جدول (۴-۴): نتایج آزمایش‌های میز لرزان برای بازیابی طلا

محصولات	مشخصات	آزمایش ۲	آزمایش ۳	آزمایش ۴
خوراک	دانه‌بندی (مش)	-45	-60	-80
	وزن (گرم)	3779.00	3730.00	3613.00
	عیار (گرم بر تن)	1.10	1.10	1.10
کنسانتره	وزن (گرم)	290.10	167.30	177.40
	عیار (گرم بر تن)	2.00	2.08	6.06
میانی	وزن (گرم)	274.20	78.10	103.00
	عیار (گرم بر تن)	1.05	0.99	1.04
باطله	وزن (گرم)	2906.60	3150.00	3243.30
	عیار (گرم بر تن)	1.08	1.05	0.88
خوراک محاسباتی	وزن (گرم)	3470.90	3395.40	3523.70
	عیار (گرم بر تن)	1.15	1.10	1.15
	خطای وزن خوراک (%)	8.15	8.97	2.47
	خطای عیار خوراک (%)	-4.96	0.06	-4.13
	بازیابی کنسانتره (%)	14.48	9.32	26.63
	بازیابی میانی (%)	7.18	2.07	2.65
	بازیابی کل (%)	21.66	11.39	29.29

۲-۳- سیانوراسیون به روش همزنی

روش انجام آزمایش‌های سیانوراسیون در بخش ۹ فصل سوم توضیح داده شده است. برای انجام آزمایش از طراحی آماری آزمایش‌ها به روش تاگوچی استفاده شده است. برای این منظور از ۵ عامل در چهار سطح استفاده شده است (جدول (۴-۵)). با توجه به درجه آزادی کل عوامل آرایه متعامد I_4 برای این منظور مناسب است. آزمایش‌ها طبق این طرح و به طور تصادفی انجام شد. معیار

ارزیابی عملکرد آزمایش‌ها یا به بیان دیگر متغیر پاسخ در آزمایش‌ها بازیابی طلا، بازیابی نقره، مصرف سیانور و بازدهی اقتصادی بوده است. جدول (۴-۶) طرح آزمایش‌ها را به همراه متغیر پاسخ آنها نشان می‌دهد. شکل (۴-۲) تا شکل (۴-۵) نیز نمودار این متغیرهای پاسخ را برای آزمایشات مختلف نسبت به زمان نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است بازیابی طلا و نقره با افزایش زمان تا ۷ ساعت به سرعت افزایش یافته و پس از آن ثابت می‌ماند. مصرف سیانور با افزایش زمان لیچینگ پیوسته افزایش می‌یابد. بازدهی اقتصادی نیز با افزایش زمان تا ۷ ساعت به سرعت افزایش و بعد از آن ثابت مانده و یا کاهش می‌یابد. با توجه به این مطلب شرایط بهینه زمانی ۷ ساعت بوده و برای بدست آوردن سایر شرایط، بازدهی اقتصادی در زمان لیچینگ ۷ ساعت بررسی می‌شود.

جدول (۴-۵): عوامل و سطوح آن

سطوح عوامل	سطح اول	سطح دوم
زمان خردایش (دقیقه)	۳۰	۶۰
غلظت سیانور (%)	۰/۰۵	۰/۱
pH	۱۰/۴	۱۰/۹

۳-۲-۱- ارزیابی بازیابی طلا

ارزیابی آماری نتایج آزمایش‌ها طبق جدول ANOVA نشان می‌دهد عوامل موثر بر بازیابی طلا در این آزمایشها غلظت سیانور و دانه‌بندی بوده است (جدول (۴-۷)).

شکل (۴-۶) و شکل (۴-۷) نمودار تاثیر دانه‌بندی و غلظت سیانور بر بازیابی طلا را نشان می‌دهد. کاهش اندازه دانه‌بندی (افزایش زمان خردایش) و افزایش غلظت سیانور باعث افزایش بازیابی طلا می‌شود.

با توجه به این نتایج شرایط بهینه برای بازیابی طلا از آن قرار است: زمان خردایش (دانه بندی) ۶۰۰ دقیقه خردایش ($d_{80}=100$ میکرون)، غلظت سیانور ۰/۱ درصد، درصد جامد ۴۰ درصد، pH نیز در حدود ۱۰/۴ (pH طبیعی محلول). در این شرایط ۸۴ درصد طلا قابل بازیابی است. جدول (۴-۸) و جدول (۴-۹) به ترتیب شرایط بهینه و فاصله اطمینان برای بازیابی در شرایط بهینه را نشان می‌دهند. طبق این فاصله اطمینان نتایج آزمایش‌ها معتبر است. زیرا آزمایش شماره ۴ مطابق با شرایط بهینه بوده و بازیابی آن برابر با ۸۲/۵ در بازه ۸۰/۹ تا ۸۶/۹ قرار می‌گیرد.

جدول (۴-۶): طرح آزمایش‌های سیانوراسیون به همراه بازیابی طلا نقره، مصرف سیانور و بازدهی اقتصادی

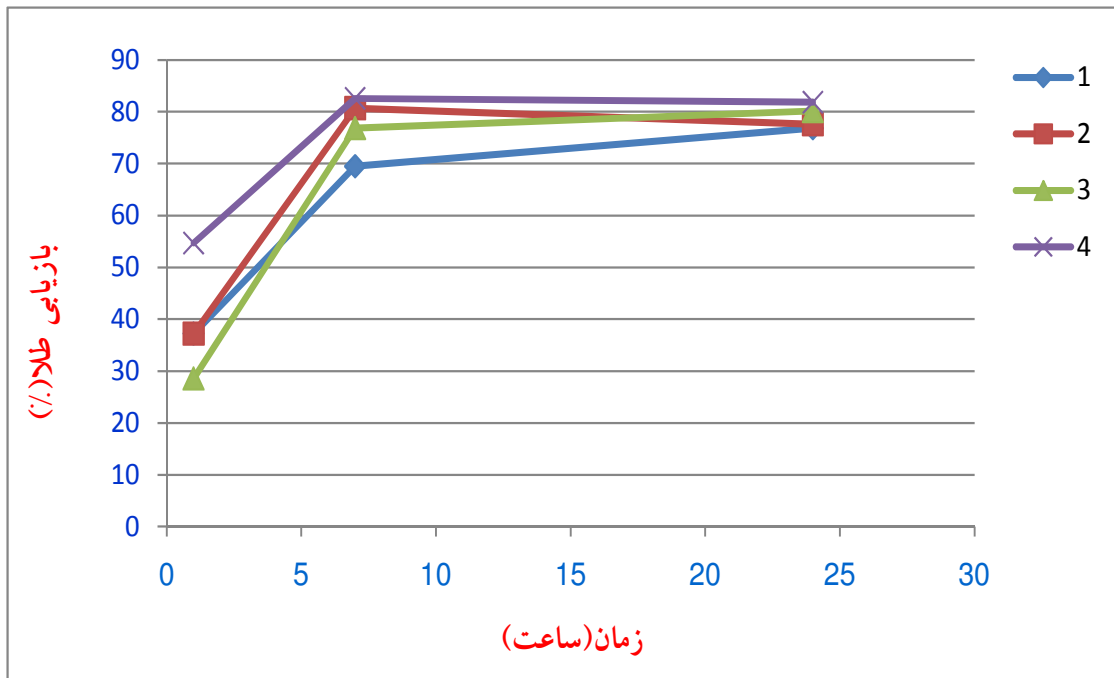
شماره آزمایش	ترتیب آزمایش	دانه‌بندی (دقیقه)	غلظت سیانور (%)	pH	بازیابی طلا (%)			بازیابی نقره (%)			مصرف سیانور Kg/t		
					۱ ساعت	۷ ساعت	۲۴ ساعت	۱ ساعت	۷ ساعت	۲۴ ساعت	۱ ساعت	۷ ساعت	۲۴ ساعت
1	3	30	0.05	10.4	37.22	69.5	76.86	47.37	59.35	61.05	0.355	0.68	1.075
2	2	30	0.1	10.9	37.23	80.68	77.56	47.37	68.77	65.58	1.18	2.245	3.015
3	1	60	0.05	10.9	28.55	76.87	80.15	41.05	62.88	65.38	0.92	1.215	2.51
4	4	60	0.1	10.4	54.7	82.56	81.83	54.74	66.91	69.5	1.19	1.45	3.37

شماره آزمایش	ترتیب آزمایش	دانه‌بندی (دقیقه)	غلظت سیانور (%)	pH	مصرف آهک Kg/t			مصرف انرژی برق Kwh/t			بازدهی اقتصادی Toman/ton		
					۱ ساعت	۷ ساعت	۲۴ ساعت	۱ ساعت	۷ ساعت	۲۴ ساعت	۱ ساعت	۷ ساعت	۲۴ ساعت
1	3	30	0.05	10.4	0.55	0.55	0.55	9.4	9.4	9.4	19732	36325	38956
2	2	30	0.1	10.9	0.75	0.75	0.75	9.4	9.4	9.4	16829	37120	32653
3	1	60	0.05	10.9	1.06	1.06	1.06	11.6	11.6	11.6	12764	38385	35691
4	4	60	0.1	10.4	0.55	0.55	0.55	11.6	11.6	11.6	26348	40794	33754

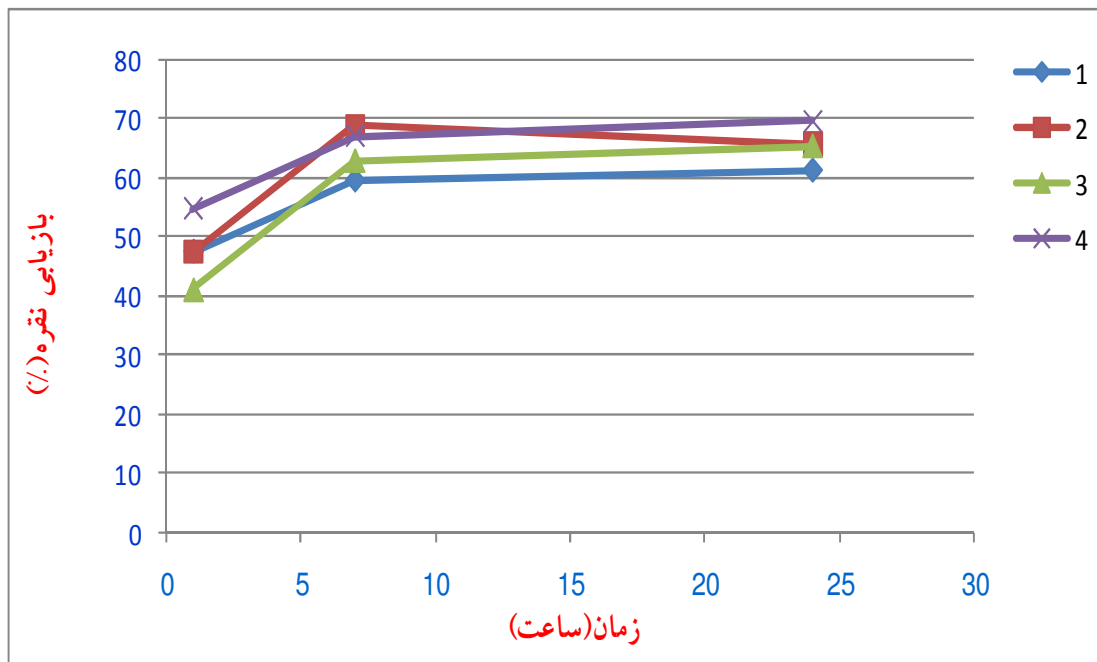
راندمان اقتصادی از رابطه $R_E = R_{Au} \times G_{Au} \times 48970 + R_{Ag} \times G_{Ag} \times 1060 - C_C \times 3500 - E \times 40 - LC \times 100$ محاسبه شده است.

در این رابطه R_E بازدهی اقتصادی، R_{Au} ، G_{Au} ، R_{Ag} و G_{Ag} به ترتیب بازیابی و عیار طلا و نقره و C_C مصرف سیانور، E میزان مصرف انرژی برای

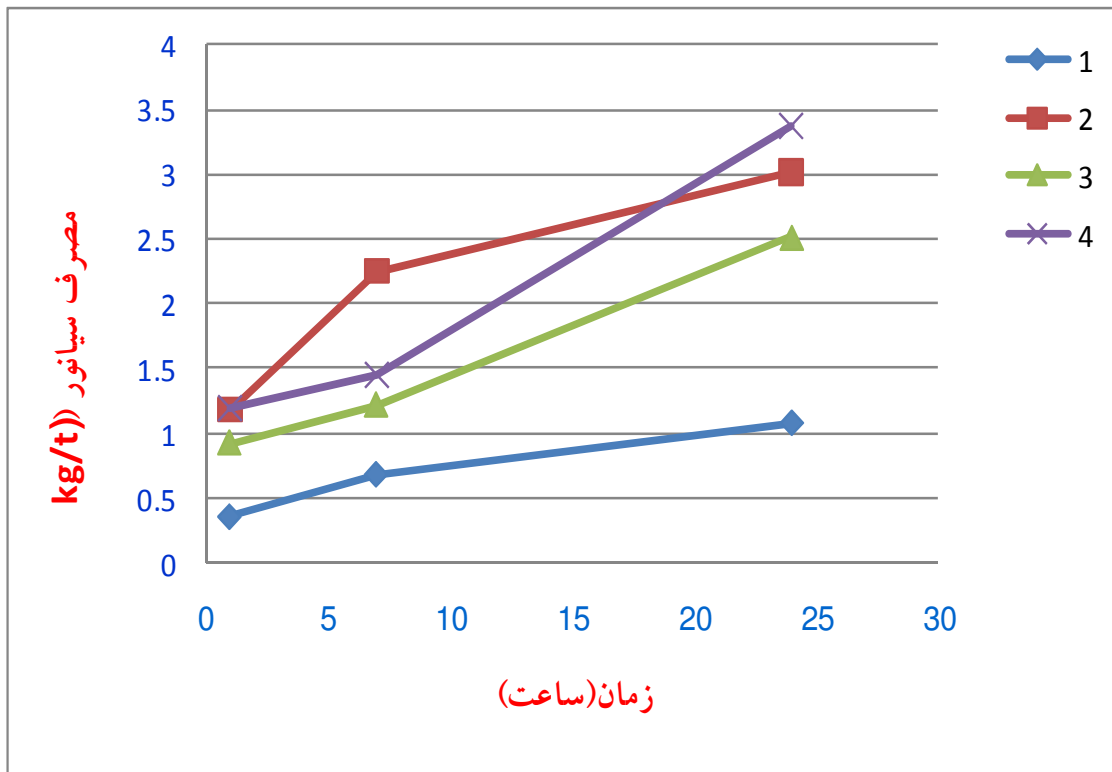
خردایش و LC میزان مصرف آهک به ازای یک تن کانسنگ می‌باشد



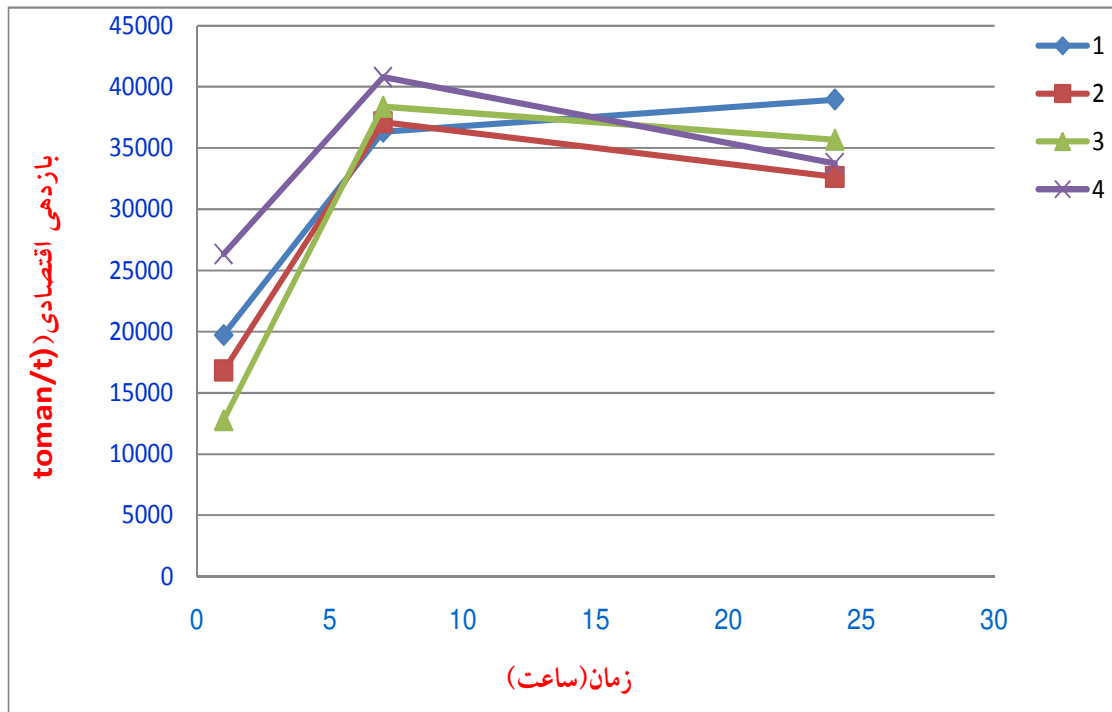
شکل (۲-۴): نمودار بازیابی-زمان برای طلا



شکل (۳-۴): نمودار بازیابی-زمان برای نقره

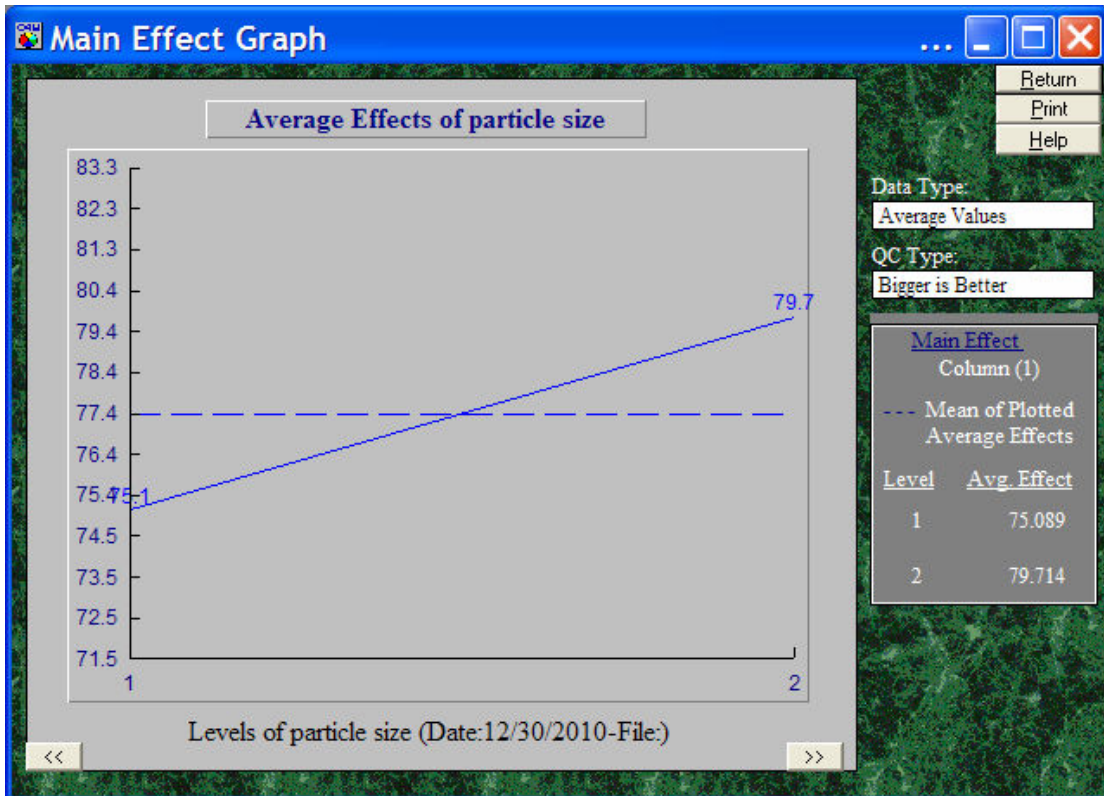
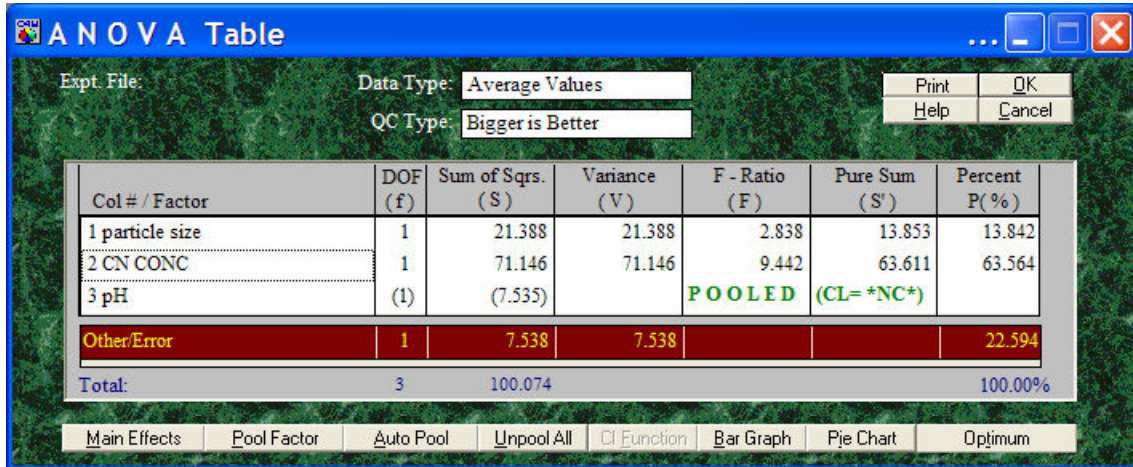


شکل (۴-۴): نمودار مصرف سیانور

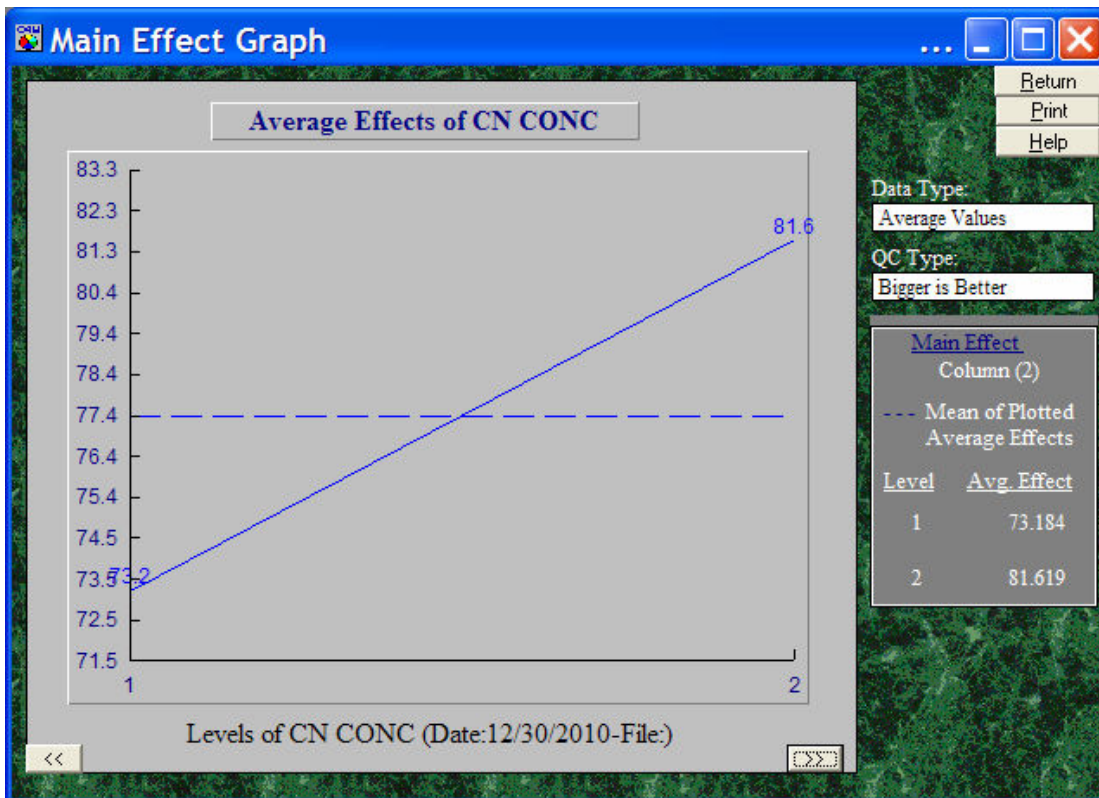


شکل (۴-۵): نمودار بازدهی اقتصادی-زمان

جدول (۷-۴): جدول ANOVA باز یابی طلا



شکل (۶-۴): نمودار تاثیر دانه بندی بر باز یابی طلا



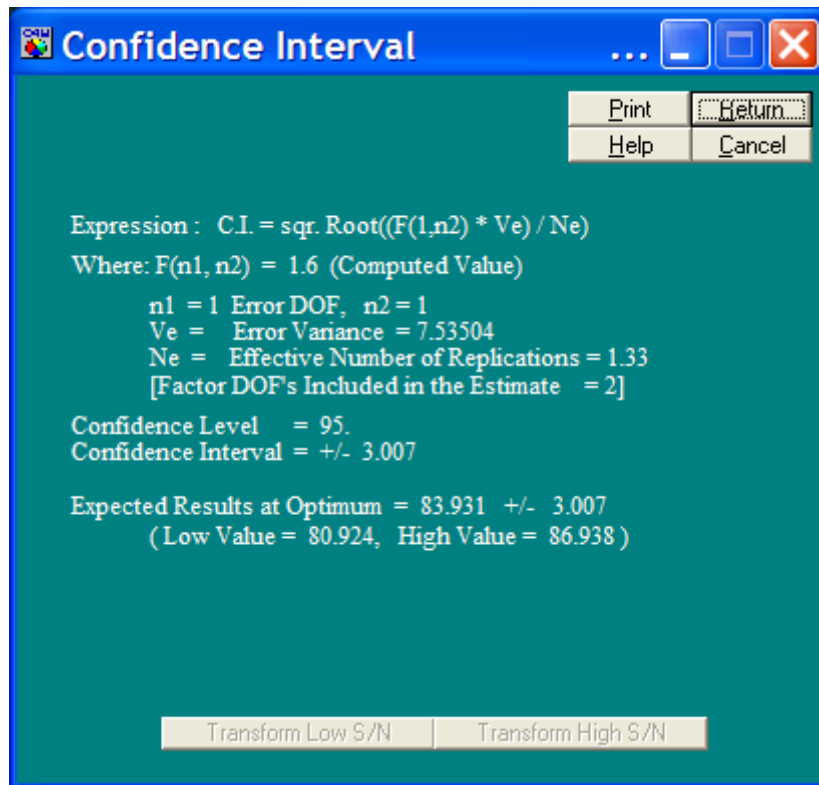
شکل (۴-۷): نمودار تاثیر غلظت سیانور بر بازیابی طلا

جدول (۴-۸): شرایط بهینه بازیابی طلا

Column # / Factor	Level Description	Level	Contribution
1 1	60	2	2.312
2 2	0.1	2	4.217

Total Contribution From All Factors... 6.528
 Current Grand Average Of Performance... 77.402
 Expected Result At Optimum Condition... 83.931

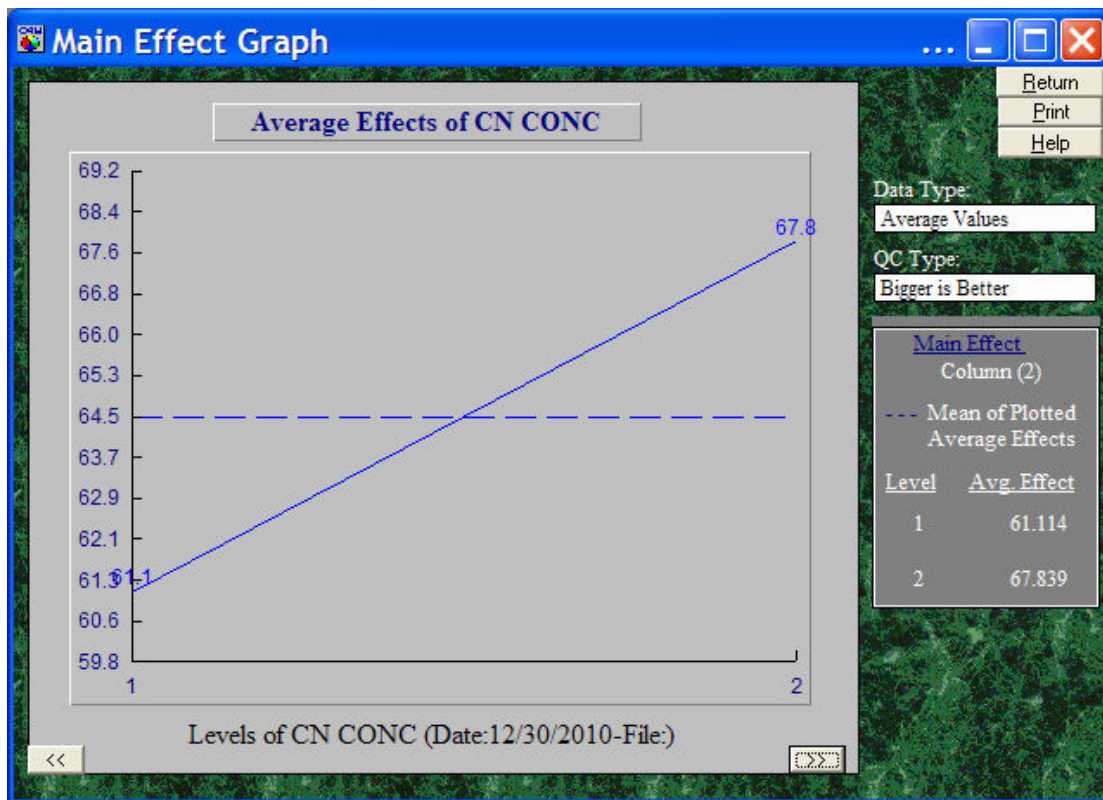
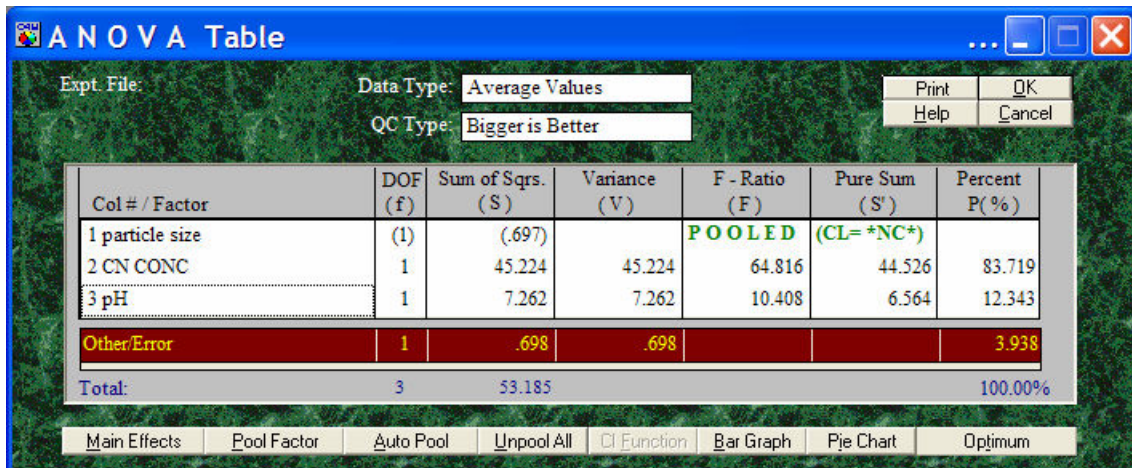
جدول (۴-۹): فاصله اطمینان برای بازیابی طلا در شرایط بهینه



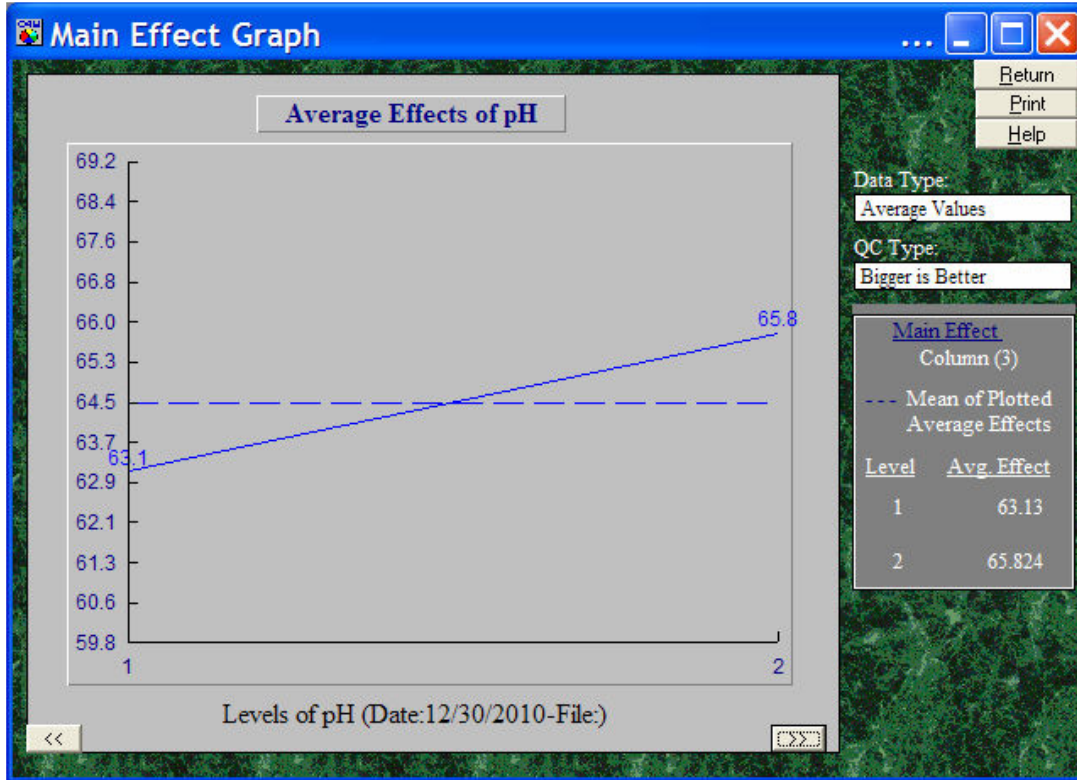
۳-۲-۲- ارزیابی بازیابی نقره

ارزیابی آماری نتایج آزمایش‌ها طبق جدول ANOVA نشان می‌دهد عوامل موثر بر بازیابی نقره در این آزمایش‌ها غلظت سیانور و pH بوده است (جدول (۴-۱۰)). شکل (۴-۸) و شکل (۴-۹) نمودار تاثیر غلظت سیانور و pH بر بازیابی نقره را نشان می‌دهد. افزایش غلظت سیانور و افزایش pH باعث افزایش بازیابی نقره می‌شود. با توجه به این نتایج شرایط بهینه برای بازیابی نقره عبارت است از: زمان خردایش (دانه بندی) ۳۰ دقیقه ($d_{80}=150$ میکرون)، غلظت سیانور ۰/۱ درصد، درصد جامد ۴۰ درصد، pH = ۱۰/۹. در این شرایط ۶۹ درصد نقره قابل بازیابی است. جدول (۴-۱۱) و جدول (۴-۱۲) به ترتیب شرایط بهینه و فاصله اطمینان برای بازیابی در شرایط بهینه را نشان می‌دهند. طبق این فاصله اطمینان نتایج آزمایش‌ها معتبر می‌باشد. زیرا آزمایش شماره ۴ مطابق با شرایط بهینه بوده و بازیابی آن برابر با ۶۸/۷۷ در بازه ۶۸/۲۷ تا ۷۰/۱۰ قرار می‌گیرد.

جدول (۴-۱۰): جدول ANOVA بازیابی نقره



شکل (۴-۸): نمودار تاثیر غلظت سیانور بر بازیابی نقره



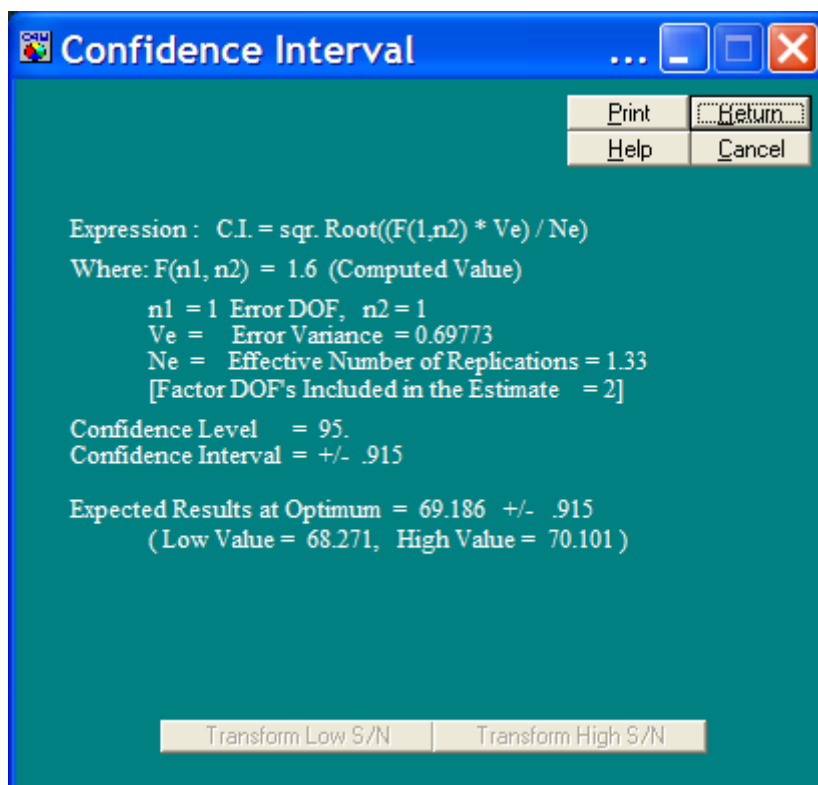
شکل (۹-۴): نمودار تاثیر pH بر بازیابی نقره

جدول (۱۱-۴): شرایط بهینه بازیابی نقره

Column # / Factor	Level Description	Level	Contribution
2 CN CONC	0.1	2	3.362
3 pH	10.9	2	1.347

Total Contribution From All Factors... 4.709
 Current Grand Average Of Performance... 64.477
 Expected Result At Optimum Condition... 69.186

جدول (۴-۱۲): فاصله اطمینان برای بازیابی نقره در شرایط بهینه



۳-۲-۳- ارزیابی بازدهی اقتصادی

با توجه به متفاوت بودن شرایط بهینه برای بازیابی نقره و طلا و در نتیجه متفاوت بودن مصرف سیانور انتخاب شرایط بهینه کلی بدون در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی مشکل است. لذا در این بخش با در نظر گرفتن ارزش طلا و نقره بازیابی شده، هزینه سیانور مصرفی، هزینه آهک مصرفی و انرژی مورد نیاز برای خریدش نسبت به انتخاب شرایط بهینه کلی اقدام شده است. برای این منظور قیمت یک گرم طلا ۴۸۹۷۰ تومان، قیمت یک گرم نقره ۱۰۶۰ تومان، قیمت یک کیلو سیانور ۳۵۰۰ تومان، قیمت آهک ۱۰۰ تومان بر کیلوگرم و هزینه یک کیلووات ساعت برق مصرفی ۴۰ تومان در نظر گرفته شده است. بازدهی اقتصادی هر آزمایش طبق رابطه زیر محاسبه شده است.

$$R_E = R_{Au} \times G_{Au} \times 48970 + R_{Ag} \times G_{Ag} \times 1060 - C_C \times 3500 - E \times 40 - LC \times 100$$

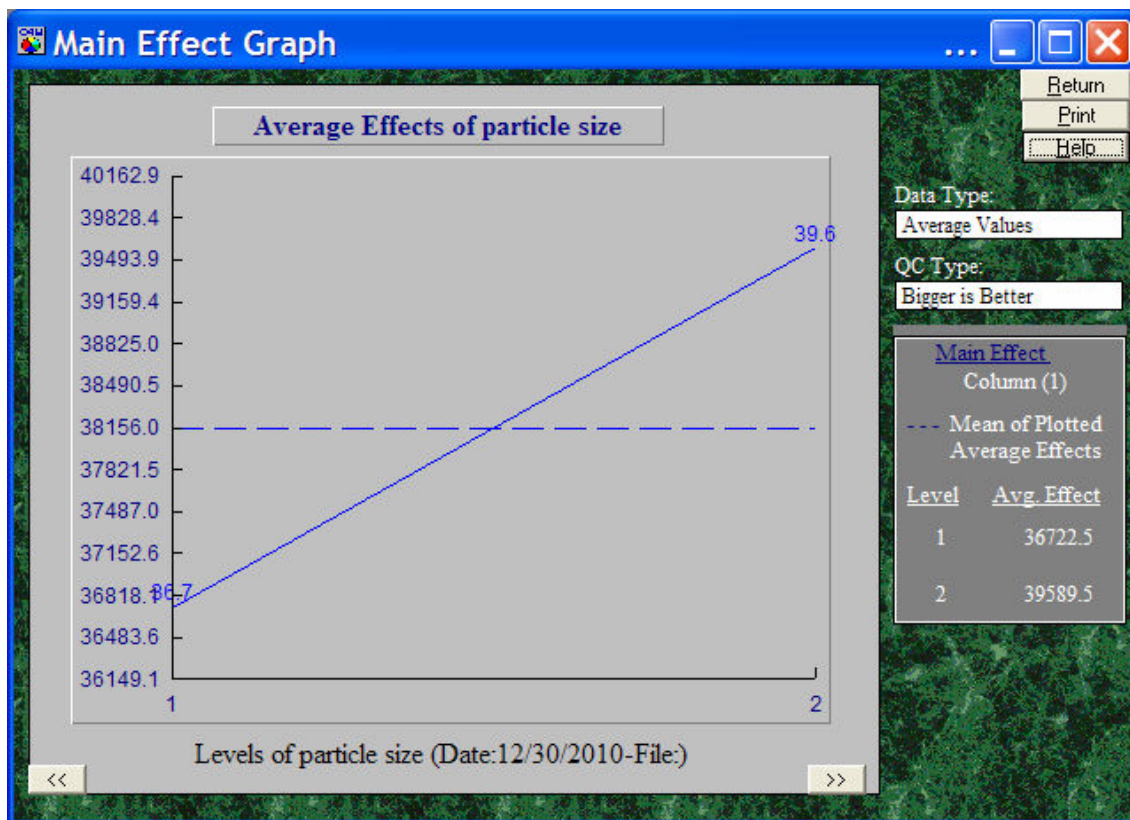
در این رابطه R_E بازدهی اقتصادی، R_{Au} ، G_{Au} ، R_{Ag} و G_{Ag} به ترتیب بازیابی و عیار طلا و نقره و C_C مصرف سیانور، E میزان مصرف انرژی برای خریدش و LC میزان مصرف آهک به ازای یک تن کانسنگ می باشد

ارزیابی آماری نتایج آزمایش‌ها طبق جدول ANOVA نشان می‌دهد عوامل موثر بر بازدهی اقتصادی عملیات در این آزمایشها غلظت سیانور و دانه‌بندی بوده است (جدول (۴-۱۳) جدول (۴-۷)). شکل (۴-۱۰) و شکل (۴-۱۱) نمودار تاثیر دانه‌بندی و غلظت سیانور بر بازدهی اقتصادی را نشان می‌دهد. کاهش اندازه دانه‌بندی (افزایش زمان خریدایش) و افزایش غلظت سیانور باعث افزایش بازدهی اقتصادی می‌شود.

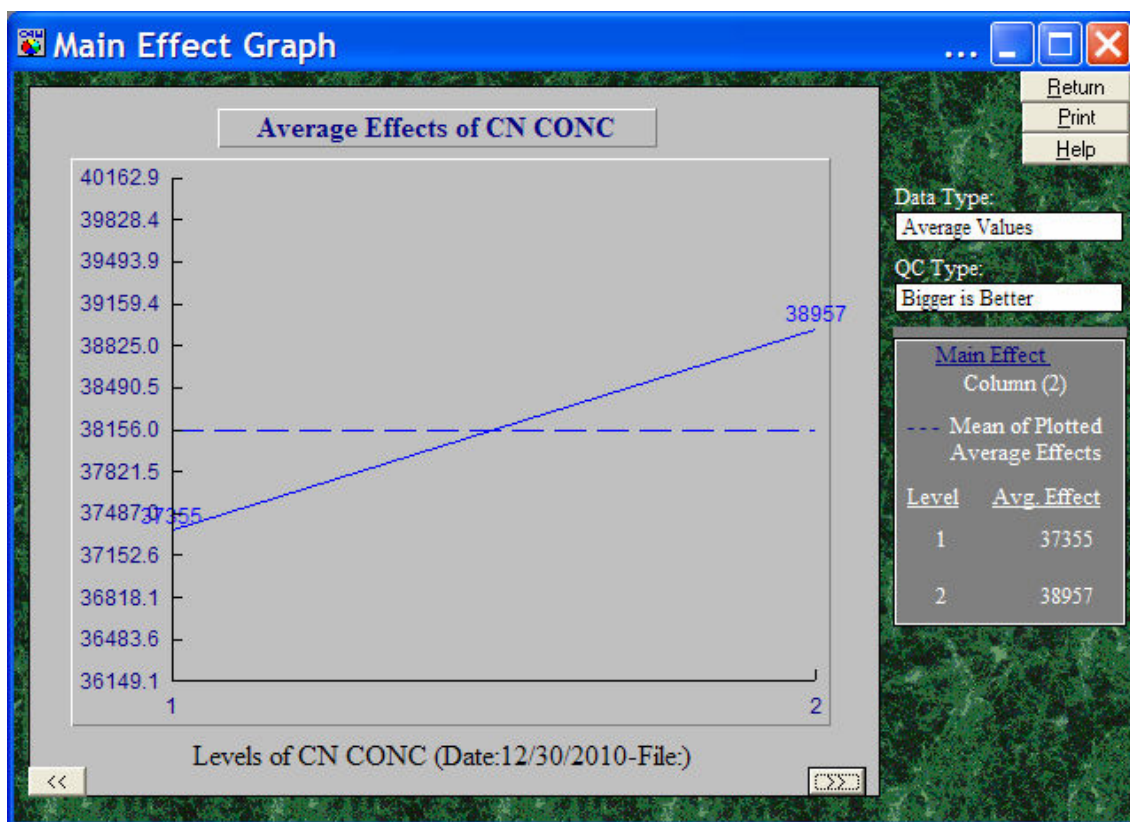
با توجه به این نتایج شرایط بهینه برای بازدهی اقتصادی عبارت است از: زمان خریدایش (دانه بندی) ۶۰ دقیقه خریدایش ($d_{80}=100$ میکرون)، غلظت سیانور ۰/۱ درصد، درصد جامد ۴۰ درصد، pH نیز در حدود ۱۰/۴ (pH طبیعی محلول). جدول (۴-۱۴) و جدول (۴-۱۵) به ترتیب شرایط بهینه و فاصله اطمینان برای بازدهی اقتصادی در شرایط بهینه را نشان می‌دهند. طبق این فاصله اطمینان و آزمایشات انجام شده نتایج گرفته شده معتبر می‌باشد. زیرا آزمایش شماره ۴ مطابق با شرایط بهینه بوده و بازدهی اقتصادی آن برابر با ۴۰۷۹۴ تومان در بازه ۳۹۵۰۶ تا ۴۱۲۷۵ قرار می‌گیرد.

جدول (۴-۱۳): جدول ANOVA بازدهی اقتصادی

Col # / Factor	DOF (f)	Sum of Sqrs. (S)	Variance (V)	F - Ratio (F)	Pure Sum (S')	Percent P (%)
1 particle size	1	8219689	8219689	12.621	7568440	66.173
2 CN CONC	1	2566404	2566404	3.94	1915155	16.744
3 pH	(1)	(651249)		POOLED	(CL= *NC*)	
Other/Error	1	651249	651249			17.083
Total:	3	11437342				100.00%

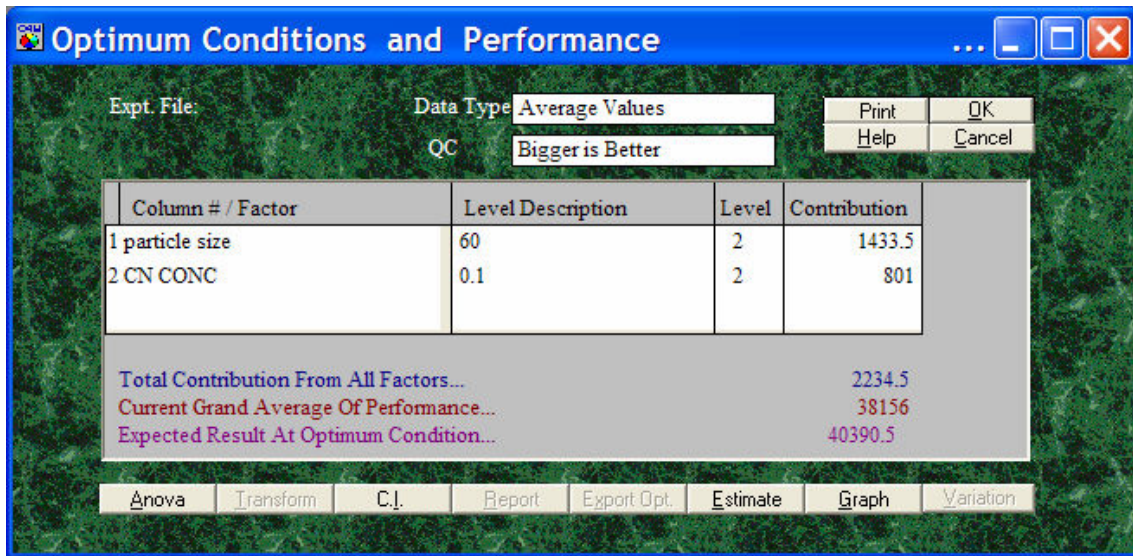


شکل (۱۰-۴): نمودار تاثیر دانه بندی بر بازدهی اقتصادی

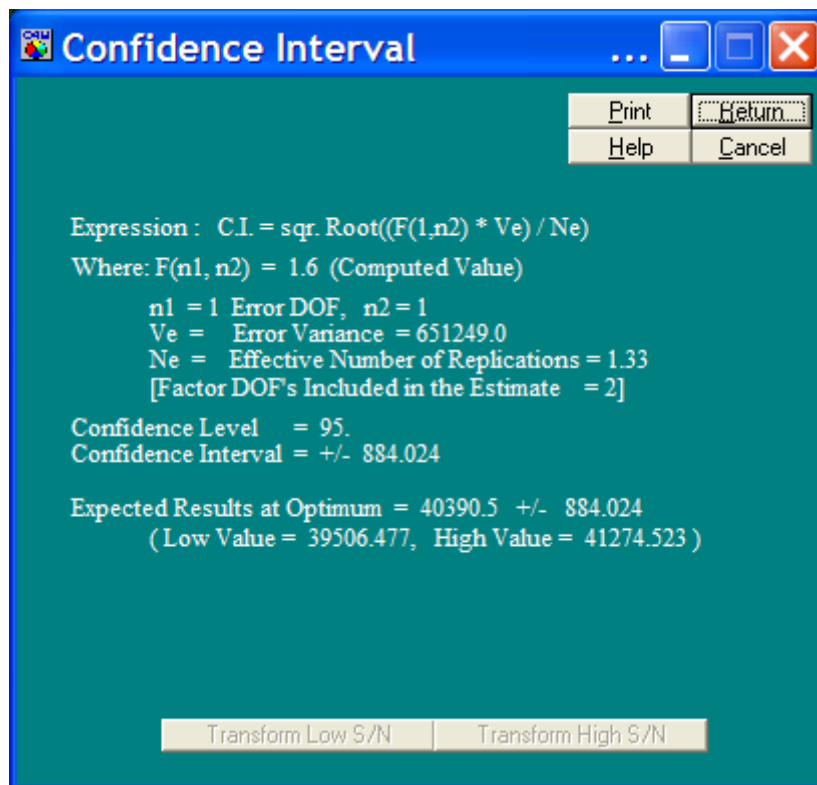


شکل (۱۱-۴): نمودار تاثیر غلظت سیانور بر بازدهی اقتصادی

جدول (۴-۱۴): شرایط بهینه بازدهی اقتصادی



جدول (۴-۱۵): فاصله اطمینان برای بازدهی اقتصادی در شرایط بهینه



فصل ۵

نتیجه گیری و

پیشنهادات

۱- نتیجه گیری

۱- طبق مطالعات کانی شناسی نمونه کانسنگ طلای بزمان حاوی کوارتز، اورتوکلاز و ژپس بوده و دارای بیش از ۸۰ درصد اکسید سیلیسیم (SiO_2) است که نشان می دهد کانسنگ از نوع سیلیسی است.

۲- نمونه کانسنگ طلای بزمان مورد بررسی حاوی ۱/۱ ppm طلا ، ۲/۹۵ ppm نقره است.

۳- در روش ثقلی کاهش دانه بندی موجب افزایش بازیابی و عیار طلا می شود. بطوریکه در دانه بندی ۸۰- مش بازیابی ۲۶ درصد و عیار ۶ ppm بدست آمد.

۴- شرایط بهینه برای بازیابی طلا به روش سیانوراسیون عبارت است از: زمان خردایش (دانه بندی) ۶۰۰ دقیقه خردایش ($d_{80}=100$ میکرون)، غلظت سیانور ۰/۱ درصد، درصد جامد ۴۰ درصد، pH ۱۰/۴ (pH طبیعی محلول) و زمان لیچینگ ۷ ساعت. در این شرایط ۸۴ درصد طلا قابل بازیابی است.

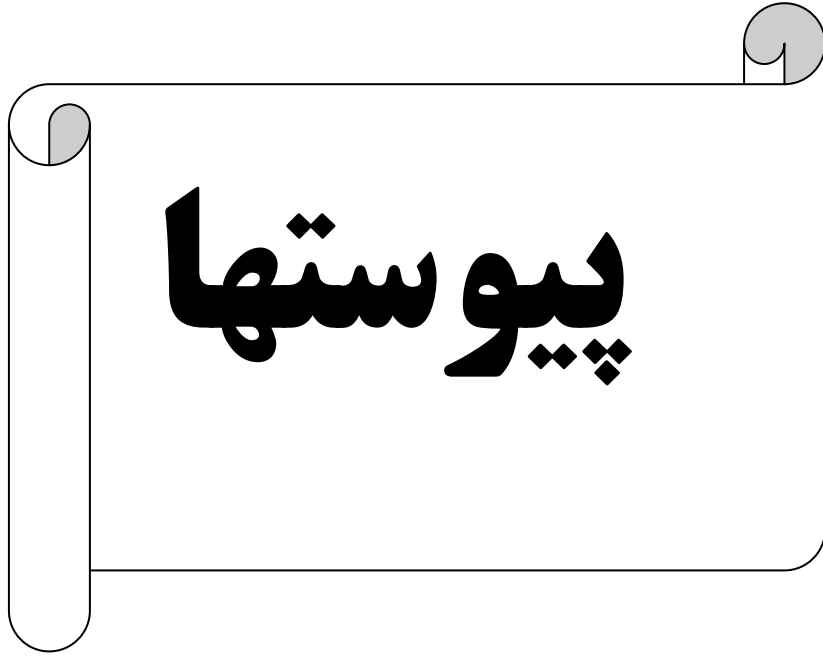
- ۵- شرایط بهینه برای بازیابی نقره بدین قرار تعیین شد: زمان خردایش (دانه بندی) ۳۰ دقیقه (d80=۱۵۰ میکرون)، غلظت سیانور ۰/۱ درصد، درصد جامد ۴۰ درصد، pH نیز ۱۰/۹ و زمان لیچینگ ۷ ساعت. در این شرایط ۶۹ درصد نقره قابل بازیابی است
- ۶- شرایط بهینه برای بازدهی اقتصادی این شرح بدست آمد: زمان خردایش (دانه بندی) ۶۰ دقیقه خردایش (d80=۱۰۰ میکرون)، غلظت سیانور ۰/۱ درصد، درصد جامد ۴۰ درصد، pH نیز در حدود ۱۰/۴ (pH طبیعی محلول) و زمان لیچینگ ۷ ساعت. در این شرایط بازیابی طلا ۸۴ و بازیابی نقره ۶۹ درصد حاصل می شود.

۲- پیشنهادات

نتایج بدست آمده از آزمایش های سیانوراسیون بسیار مطلوب می باشد. لذا پیشنهاد می شود در صورت وجود ذخیره قابل توجه، اکتشافات تفصیلی ادامه یافته و آزمایشات تکمیلی بر روی نمونه های بدست آمده از مغزه های حفاریها انجام گیرد.

منابع فصل دوم

کریمی، مهدی محمد، ۱۳۸۹، اکتشاف عمومی طلا در محدوده چاه نعلی بزمان، معاونت اکتشاف، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.



نتایج آنالیزهای

شیمیایی

(۲۴ برگ)