

## مطالعات مرحله پی جویی کانسار مس - طلا پورفیری دالی در استان مرکزی

هوشنگ اسدی هارونی<sup>۱</sup>، عاطفه سن سلیمانی<sup>۲\*</sup>

۱- استادیار دانشکده مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی محلات

(\*عهده دار مکاتبات: a.sansoleimani@yahoo.com)

### چکیده

کانسار مس-طلای دالی در ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان دلجان در استان مرکزی واقع شده است. محدوده اکتشافی پروانه دالی به وسعت ۹ کیلومتر مربع در اواخر سال ۱۳۸۴ با استفاده از تفسیر داده‌های ماهواره‌ای لندست TM و تلفیق با نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه شناسایی و سپس مورد مطالعات دقیق پی جویی، اکتشاف مقدماتی و اکتشاف تفصیلی قرار گرفت. دالی اولین کانسار گزارش شده مس و طلا (با ارزش تقریباً مساوی) بر روی کمریند ماگمائی ارومیه- دختر می باشد. مطالعات مرحله پی جویی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ بر روی کل محدوده ۹ کیلومتر مربع پروانه اکتشاف انجام گرفت. در این مرحله با بررسی داده‌های ماهواره‌ای دقت بالای استر و عملیات صحرایی، نقشه ۱:۱۰۰۰۰ زمین شناسی-آلتراسیون منطقه تهیه گردید. سپس تعداد ۲۱ نمونه سنگی از این محدوده برداشت و مورد آنالیز ۴۴ عنصری بروش ICP و جذب اتمی در کشور استرالیا قرار گرفت. نتایج آنالیز این نمونه‌ها نشان داد که عیار طلا از ۰/۲۴ تا ۲/۰۴ گرم در تن و عیار مس از ۰/۲ تا ۳/۳۱ درصد در تغییر است. در انتهای مرحله پی جویی دو زون کانی سازی مس و طلا بنام‌های تپه جنوبی (با وسعت کانی سازی حدود ۱۸۰ در ۱۶۰ متر) و تپه شمالی (با وسعت کانی سازی حدود ۲۰۰ در ۳۰۰ متر) در رابطه با دو توده نفوذی کوارتز دیوریتی حاوی آلتراسیون پتاسیک و استوک ورک های کوارتز- مگنتیتی تعیین و نامگذاری گردید.

**واژگان کلیدی:** پی جویی، طلا- مس پورفیری، دالی.

### ۱- مقدمه

چهار مرحله اکتشافی عبارتند از از شناسائی، پی جوئی، اکتشاف مقدماتی و اکتشاف تفصیلی. هر کدام از این مراحل دارای یکسری ضوابط و معیارهای اکتشافی زمین شناسی، دورسنجی، ژئوشیمیائی، ژئوفیزیکی و ارزیابی ذخیره می باشند. در این مقاله معیارهای اکتشافی مرحله پی جوئی در راستای استانداردهای جهانی (Sillitoe, 1997, Foster, 1996) در کانسار مس-طلا پورفیری دالی (گزارش داخلی شرکت درس، ۱۳۸۸) واقع در استان مرکزی مورد بررسی قرار می گیرد. بر اساس استانداردهای جهانی در مرحله پی جوئی (Prospecting) کارهای اکتشافی زیر در کانسارهای مس- طلا پورفیری به ترتیب اولویت دنبال می گردد:

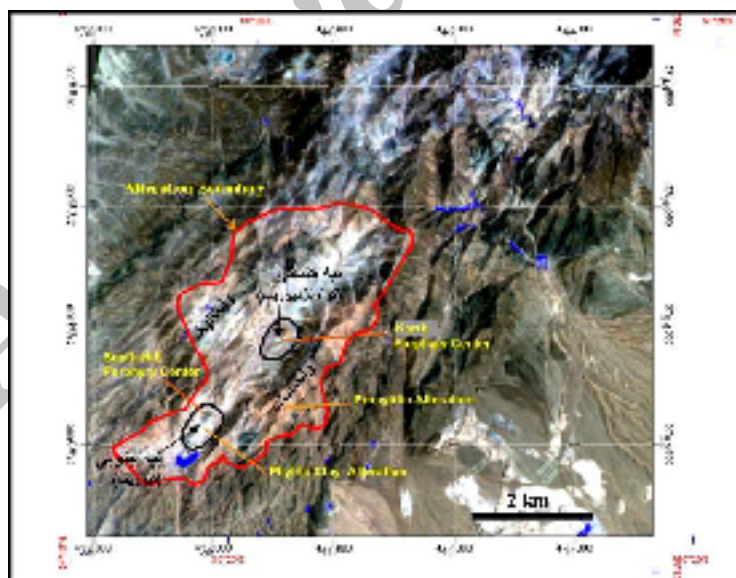
- الف- نمونه برداری غیر سیستماتیک لپیری سنگ از زون‌های آلتره و رگه‌های استوک ورک سیلیسی و آنالیز ۴۴ عنصری آن‌ها توسط روش ICP و آنالیز تک عنصری طلا توسط روش جذب اتمی.
- ب- نمونه برداری سیستماتیک از خاک با چگالی کم (عمدتاً پروفیل‌های نمونه برداری در زون‌های آلتراسیون و کانی سازی تعیین می گردد). در این مرحله فاصله پروفیل‌ها عمدتاً بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر و فاصله برداشت نمونه بر روی پروفیل ۵۰ تا ۱۰۰ متر انتخاب می گردد.

ج- تهیه نقشه زمین شناسی و آلتراسیون در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰

د- در صورت مشخص شدن یک آنومالی منسجم و بزرگ ژئوشیمیائی مس، طلا و همراه با عناصر ردیاب در رابطه با کانی سازی مس و طلا (برای مثال عیار طلای بالای ۱۰۰ ppb و مس بالای ۴۰۰ ppm در نمونه‌های خاک در یک زون در حدود یک کیلومتر مربع) اکتشاف می‌تواند در مرحله بعدی ادامه یابد و در غیر این صورت پروژه متوقف خواهد شد.

کانسار مس- طلا پورفیری دالی در ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان دلیجان در استان مرکزی واقع شده است. محدوده اکتشافی پروانه دالی به وسعت ۹ کیلومتر مربع در اواخر سال ۱۳۸۳ ابتدا با استفاده از تفسیر داده‌های ماهواره‌ای لندست TM و تلفیق با نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه توسط شرکت درسا پردازش شناسایی گردید و سپس مورد مطالعات دقیق و سیستماتیک اکتشافی قرار گرفت. از سال ۱۳۸۴ تاکنون در این محدوده فعالیت‌های اکتشافی در سه مرحله پی‌جویی، اکتشاف مقدماتی و اکتشاف تفصیلی انجام شده است. کانسار مس- طلا پورفیری دالی ابتدا در سال ۱۳۸۴ با استفاده از تلفیق نقشه زمین‌شناسی یکصد هزار منطقه خورح- سلفچگان و پردازش داده‌های ماهواره ای لندست TM ( شناسایی آلتراسیون های مرتبط) شناسایی گردید.

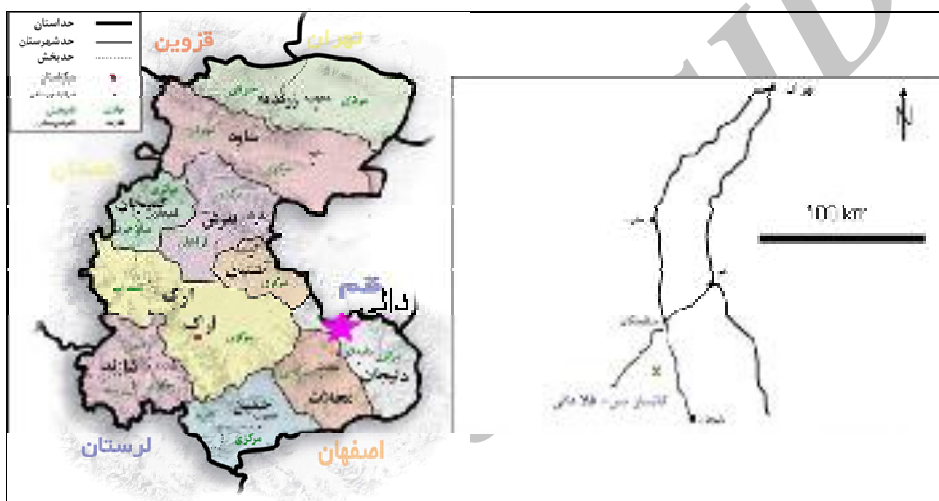
بعد از مرحله شناسایی، مطالعات مرحله پی‌جویی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ بر روی یک محدوده ۹ کیلومتر مربع پروانه اکتشاف اخذ شده در همان سال انجام گرفت. در این مرحله با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای با دقت بالایی استر، برداشت و آنالیز ۲۱ نمونه غیر سیستماتیک لیتوژئوشیمیائی و با تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰۰ زمین‌شناسی دو زون کانی‌سازی مس و طلا در رابطه با دو استوک نفوذی حد واسط در شمال و جنوب محدوده اکتشافی مشخص گردید. موقعیت این دو تپه و ارتباط آن‌ها با سیستم آلتراسیون منطقه بوسعت بیش از ۴ کیلومتر در ۱/۵ کیلومتر بر روی تصویر ماهواره‌های استر نشان داده شده است (شکل ۱). در این نقشه محدوده کلی آلتراسیون‌های (پروپیلیتیک، فیلیک، آرژیلیک و پتاسیک) با رنگ زرد و همچنین موقعیت دو مرکز پورفیری (تپه جنوبی و تپه شمالی) نشان داده شده است.



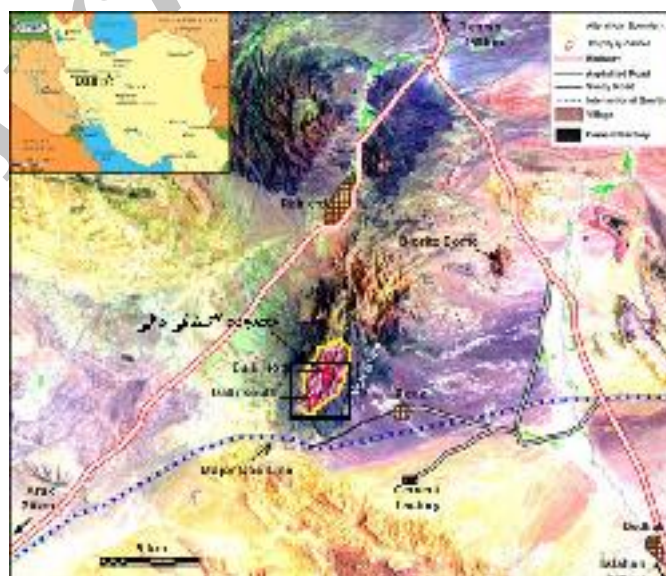
شکل ۱: تصویر ماهواره ای استر باند ترکیب رنگی سه باند مادون قرمز نزدیک مرئی (VNIR123) محدوده اکتشافی دالی نشان دهنده دو مرکز کانی‌سازی (تپه جنوبی و تپه شمالی)، واحد‌های اصلی لیتولوژیکی و آلتراسیون‌ها

## ۲- موقعیت جغرافیائی کانسار دالی

کانسار دالی در موقعیت جغرافیائی ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی در جنوب شرق استان مرکزی واقع شده است. این کانسار در جنوب غربی ورقه ۱:۲۵۰۰۰۰ قم و در ۴۰ کیلومتری شمال غرب دلیجان، ۶۰ کیلومتری شرق شهرستان اراک (مسیر جاده اراک- سلفچگان)، در حدود ۸ کیلومتری شمال غرب روستای راوه با جمعیتی در حدود ۱۰۰۰ نفر قرار دارد. روستای راوه و کهک نزدیکترین روستاها به محدوده اکتشافی سلفچگان و مسیر روستای راوه میسر می‌باشد (شکل ۲). بطور کلی محدوده اکتشافی دالی کوهستانی و دارای آب و هوای معتدل می‌باشد. بعضی از رودخانه‌ها و آبراهه‌های این منطقه در فصل زمستان و اوایل بهار به سمت جنوب و جنوب غرب جریان دارند. در بیشتر فصول سال در منطقه امکان فعالیت های معدنی وجود دارد. شکل ۳ تصویر ماهواره‌ای لندست TM منطقه دالی، موقعیت محدوده اکتشافی و راه‌های دسترسی به آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲: موقعیت جغرافیائی کانسار دالی در استان مرکزی و راه‌های دسترسی به آن



شکل ۳: تصویر ماهواره‌ای TM منطقه، موقعیت محدوده اکتشافی و راه‌های دسترسی به منطقه دالی

### ۳- زمین‌شناسی ناحیه‌ای و تکتونیک

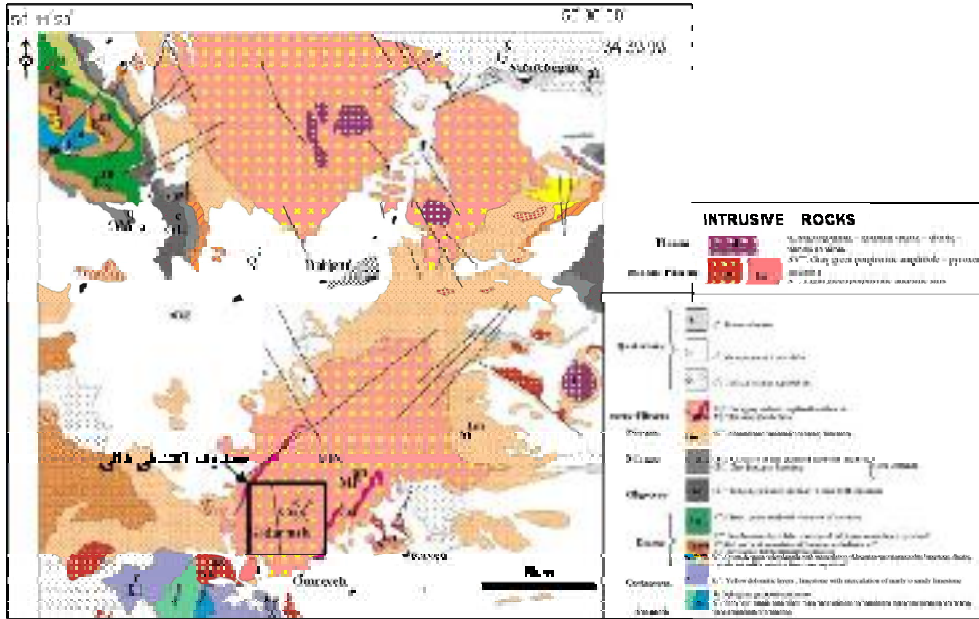
محدوده اکتشافی دالی از نظر ژئودینامیکی بر روی بخش غربی کمربند ماگمایی ارومیه-دختر واقع شده است (شکل ۴). این کمربند از شمال غرب ایران بسمت جنوب شرق ایران بطول تقریبی ۲۰۰۰ کیلومتر و عرض ۵۰ کیلومتر بسمت جنوب شرق، کشیده شده است. کمربند ارومیه-دختر در ارتباط با فرورانش صفحه اقیانوسی نئوتتیس و متعاقباً صفحه عربی به زیر ایران و در زمان میوسن میانی (حدود ۱۳ میلیون سال پیش) تشکیل شده است. سنگ‌های تشکیل دهنده کمربند ارومیه-دختر اساساً سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب متوسط (عمدتاً دارای ترکیب آندزیتی) می باشد. سنگ های گرانیتوئیدی در این کمربند ماگمایی به عنوان محصولات کردیلرای نوع I کالکوالکالان رده‌بندی می‌شوند. این کمربند میزبان اکثر ذخایر مس پرفیری ایران همانند سرچشمه، میدوک و سونگون است. محدوده اکتشافی دالی در ورقه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ قم و در جنوب نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سلفچگان-خوره سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور قرار گرفته است (شکل ۵).



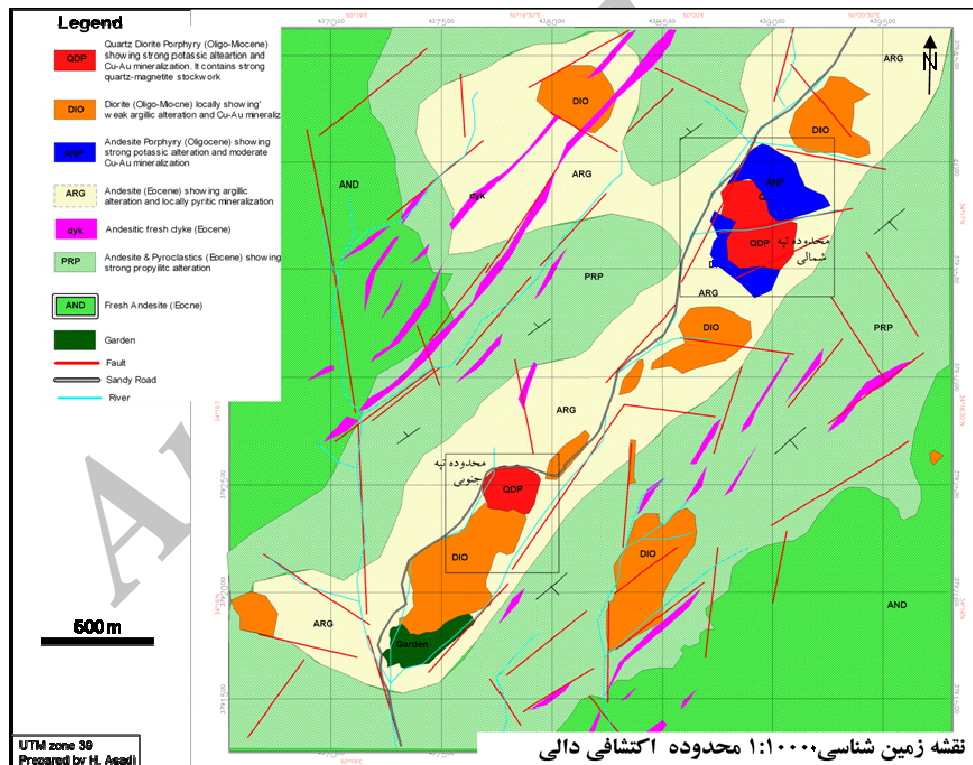
شکل ۴: کمربند ماگمایی ارومیه-دختر و موقعیت کانسارهای مس پرفیری وابسته

### ۴- مطالعات زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰

مطالعات زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ نشان داد که کانی‌سازی در منطقه دالی در رابطه با مجموعه‌ای از استوک و دایک‌های کوارتز دیوریت پورفیری آلتره می‌باشند که در یک امتداد ۵۵ درجه (شمال شرقی) و به طول ۳ کیلومتر در داخل یک زون گسله به عرض ۱-۲ کیلومتر و به مرکز یک استراتوتولکان با ترکیب گدازه‌های آندزیتی و آذر آواری نفوذ کرده‌اند. برخی از توده‌های نفوذی و بطور محلی ولکانیک‌های منطقه تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال به دگرسانی‌های نوع پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک و سیلیسی تبدیل شده‌اند. در دو منطقه تپه شمالی و تپه جنوبی در داخل توده‌های نفوذی آلتره، رگه و استوک ورک‌های فراوان کوارتز-مگنتیت (پرکننده درزه و شکاف‌ها) همراه با کانی‌سازی بارز مس بوفور مشاهده می‌گردد. شکل ۶ نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ منطقه دالی را نشان می‌دهد.



شکل ۵: نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه دربرگیرنده دالی (مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰)،  
(برگرفته از علایی مهابادی - کهنسال، ۱۳۷۹)

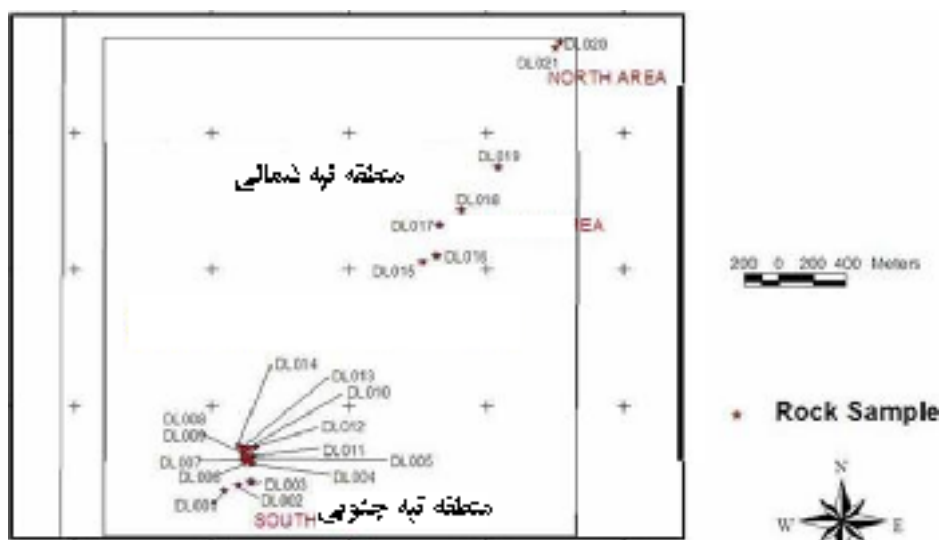


نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ محدوده اکتشافی دالی

شکل ۶: نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ کل محدوده پروانه اکتشافی دالی تهیه شده با استفاده از تصاویر ماهواره ای دقت بالای آیکونوس، کار صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی سنگ‌شناسی

### ۵- مطالعات ژئوشیمیائی

در مرحله پی جویی صحرائی تعداد ۲۱ نمونه سنگی از محدوده اکتشافی اخذ و بر روی آن‌ها آنالیز ۴۴ عنصری بروش ICP-MS در کشور استرالیا در آزمایشگاه AMDEL استرالیا انجام گرفت. آنالیز این نمونه‌ها نشان داد که تغییرات عیار طلا در نمونه‌های کانی‌سازی شده  $2/04 - 0/24$  ppm و تغییرات مس کمتر از  $0/2$  تا  $3/31$  درصد و در مورد نقره  $0/19 - 2/73$  ppm می‌باشد. نسبت طلا به نقره از  $1/25$  تا  $2/25$  متغیر می‌باشد. مقدار مولیدن بطور کلی کمتر از  $10$  ppm و تنها در یک نمونه  $338$  ppm مشاهده شد. مقادیر سرب، روی، آرسنیک، آنتیموان، جیوه و بیسموت بطور کلی پایین می‌باشد. شکل ۷ محل نمونه‌برداری غیر سیستماتیک لیتوژئوشیمیائی از زون‌های مختلف آلتراسیون را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آنالیز این نمونه در جداول ۱ تا ۳ خلاصه شده است.



شکل ۷: موقعیت نمونه‌های لیتوژئوشیمیائی برداشت شده در مرحله پی جویی

جدول ۱: نتایج آنالیز شیمیائی از زون آلتراسیون پتاسیک تپه جنوبی در مرحله پی جویی

| Sample No. | Cu ppm | Au ppm | Ag ppm | Mo ppm |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| DL-004     | 4470   | 0.69   | 2.73   | 2.3    |
| DL-005     | 33100  | 2.04   | 0.96   | 1.6    |
| DL-006     | 774    | 1.86   | 1.43   | 5.3    |
| DL-013     | 31100  | 1.25   | 2.32   | 8.8    |
| DL-014     | 7520   | 1.94   | 2.29   | 1.3    |

جدول ۲: نتایج آنالیز شیمیائی از زون آلتراسیون فیلیک تپه جنوبی در مرحله پی جویی

| Sample No. | Cu ppm | Au ppm | Ag ppm | Mo ppm |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| DL-007     | 505    | 0.24   | 0.19   | 3.5    |
| DL-008     | 18800  | 0.52   | 0.92   | 2.9    |
| DL-009     | 24300  | 0.65   | 0.91   | 3.5    |
| DL-012     | 8270   | 0.58   | 0.85   | 3.3    |

جدول ۳: نتایج آنالیز شیمیایی از زون‌های آلتراسیون پتاسک و فیلیک تپه شمالی در مرحله پی‌جویی

| Sample No. | Cu ppm | Au ppm | Ag ppm | Mo ppm |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| DL-015     | 1320   | 430    | 0.36   | 3.7    |
| DL-016     | 3260   | 1080   | 0.95   | 2.8    |
| DL-017     | 6090   | 2630   | 2.1    | 27.9   |
| DL-018     | 2210   | 270    | 0.26   | 8      |
| DL-019     | 163    | 30     | 0.43   | 47.9   |
| DL-020     | 436    | 230    | 0.5    | 338    |
| DL-021     | 1380   | 720    | 0.32   | 9.4    |

### ۶- نتیجه گیری

در انتهای مرحله پی‌جویی در محدوده اکتشافی مس-طلا پورفیری دالی در استان مرکزی دو زون حاوی کانی‌سازی اکسیدی و سولفیدی مس (عمدتاً مالاکیت و کالکو پیریت)، آلتراسیون‌های پتاسیک، سیلیسی شدن و کمی فیلیک و همچنین استوک ورک‌های کوارتز مگنتیت با چگالی بالا و متوسط عیار طلا و مس در نمونه‌های سطحی بترتیب ۱ ppm و ۰/۴ درصد بنام‌های تپه جنوبی (با وسعت کانی‌سازی ۱۸۰ در ۱۶۰ متر) و تپه شمالی (با وسعت کانی‌سازی حدود ۲۰۰ در ۳۰۰ متر) تعیین و نامگذاری گردید و برای اکتشافات مقدماتی معرفی شدند. فاصله مرکز تپه جنوبی از تپه شمالی حدود ۱۷۰۰ متر می‌باشد و در محدوده حد فاصل این دو تپه کانی‌سازی بارز مشاهده نگردید. محل این دو تپه بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ نشان داده شده است (شکل ۵). نمائی از مناطق تپه جنوبی و تپه شمالی در اشکال ۸ تا ۱۰ مشاهده می‌گردد. بعد از پی‌جویی این دو محدوده بطور جداگانه مورد مطالعات دقیق و سیستماتیک اکتشاف مقدماتی و اکتشاف تفصیلی قرار گرفتند. نمونه DL005 که در تصویر ۹ مشخص شده، عیار ۲/۰۴ گرم در تن طلا و ۳/۳۱ درصد مس را نشان داده است.



شکل ۹: نمائی نزدیک از استوک ورک‌های کوارتز-مگنتیت همراه با کانی‌سازی مس و اکسیدهای آهن در استوک تپه جنوبی



شکل ۸: استوک مخروطی دیوریتی تپه جنوبی به وسعت ۱۸۰ × ۱۶۰ متر (زون اصلی کانی‌سازی مس-طلای دالی)



شکل ۱۰: استوک دو قولوی کوارتز دیوریتی تپه شمالی به وسعت ۳۰۰×۲۰۰ متر و موقعیت آن نسبت به تپه جنوبی (دید به سوی غرب)

#### ۷- سپاسگزاری

از شرکت درسا پردازا برای در اختیار گذاشتن اطلاعات اکتشافی مرحله پی جوئی و همچنین اجازه دسترسی به بازدید از کانسار دالی تشکر و قدردانی بعمل می آید.

#### ۸- منابع

۱. گزارش داخلی شرکت درسا پردازا، ۱۳۸۸. گزارش پایان عملیات اکتشاف کانسار مس- طلا پورفیری دالی در استان مرکزی، ۱۵۵ صفحه.
۲. علایی مهابادی، س. و کهنسال، ر.، ۱۳۷۹. نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سلفچگان - خورهه، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
3. Foster, R.P., 1996. Gold in the year 2000: a global overview, Australian Journal of Earth Sciences 43:1-14.
4. Sillitoe, R.H., 1997. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum - Pacific region. Aust. J. Earth. Sci., 44, 373-388.