

# بررسی و تلفیق داده‌های زمین‌شناسی، دورسنجی و ژئوشیمی به منظور شناسایی محدوده‌های امیدبخش در برگه ۱:۵۰۰۰۰ ده‌بیرآبان (سیستان و بلوچستان)

لی‌لی دانشور صابین<sup>۱</sup> و دکتر ایرج رسا<sup>۲</sup>

چکیده

از مهمترین مراحل اکتشاف مواد معدنی مراحل شناسایی و پی‌جویی می‌باشد که در این مراحل زمین‌شناسان و مهندسی معدن با استفاده از داده‌های سطحی به دنبال کشف مناطق امید بخش جهت اکتشافات معدنی هستند. مهمترین کاری که در این دو مرحله صورت می‌گیرد تلفیق لایه‌های گوناگون اطلاعاتی در سیستم GIS می‌باشد. که بدین ترتیب می‌توان مناطق امید بخش را جهت اکتشاف مواد معدنی مشخص نمود. در این نوشتار، نخست زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از تصاویر ETM+ و ASTER گسل‌ها و نیز دگرسانی‌ها در منطقه مورد مطالعه مشخص شدند. در مرحله بعد طی مطالعات ژئوشیمیایی صورت گرفته در منطقه و کنترل نتایج حاصل از آن توسط مطالعات کانی‌سنگین و نمونه‌های مینرالیزه چند محدوده به عنوان محدوده‌های آنومالی مقدماتی مشخص شد. در نهایت پس از گردآوری و تلفیق داده‌های زمین‌شناسی، دورسنجی و ژئوشیمیایی در سیستم GIS ۴ محدوده امید بخش جهت اکتشاف طلا، تنگستن، قلع و مولیبدن معرفی گردید.

کلید واژه‌ها: زمین‌شناسی، دورسنجی، ژئوشیمی، تلفیق، ده‌بیرآبان.

## Investigation and composing of geology, remote sensing and geochemistry data for finding exploration targets area in the Deh-Biraban 1:50000 sheet (Sistan and Baluchestan)

Lili Daneshvar-Saien and Dr Iraj Rassa

### Abstract

Reconnaissance and prospecting are two important stages in mineral exploration and geologists are prospecting mineral resources in these stages by using of surface data. Composing different layers in GIS is most important operation in these stages because it is helped for finding best areas for mineral exploration. In this paper, first, geology is contributed in this area. Next, faults and alterations were determined in the area by ETM+ and Aster images. In next stage, geochemical exploration was operated and controlled by heavy minerals and mineralized samples that several primary anomaly areas were determined. Finally, after collection and composition geology, remote sensing and geological data in GIS system, 4 exploration targets were introduced for Au, W, Sn and Mo.

**Keywords:** Geology, Remote sensing, Geochemistry, Composing, Deh-Biraban.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات - عهده دار مکاتبات

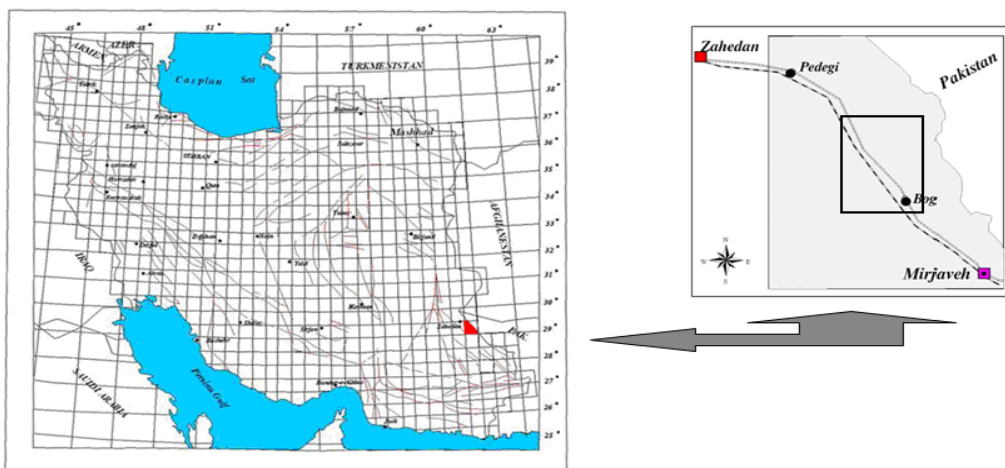
lili.daneshvar@gmail.com

۲- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی Iraj.Rassa@gmail.Com

## مقدمه:

مکانی با جنس‌های گوناگون و ارزیابی همه آنها همزمان با یکدیگر است (Bric, et al. 1994). منطقه مورد مطالعه در قالب نقشه ۱:۵۰۰۰۰۰ ده بیرآبان واقع در گوشه جنوب غربی از برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ میرجاوه استان سیستان و بلوچستان از مناطق مرزی بین ایران و پاکستان بوده و از توابع شهرستان زاهدان می‌باشد. موقعیت جغرافیایی آن حدفاصل طول‌های جغرافیایی  $61^{\circ}$  تا  $15' 61^{\circ}$  طول شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $29^{\circ}$  تا  $15' 29^{\circ}$  عرض شمالی واقع گشته است (شکل ۱). مساله مهم در مورد این برگه این است که در سالیان دور در اینجا کار مختصری صورت گرفته و پس از انقلاب تا دو سال پیش کاری در مورد زمین‌شناسی و شناسایی منابع معدنی در آن صورت نپذیرفته بود. تنها فعالیت‌های معدنی در این منطقه استخراج دو معدن گرانت است.

فراوری سریع اطلاعات گوناگون مربوط به علوم زمین تلاشی است که امروزه کلیه مراکز علمی- فنی جهان در پی آن می‌باشند. نتایج علمی و همچنین تجربیات عملی این امر را به اثبات رسانیده است که چنانچه اطلاعات مختلف تلفیق شوند نتایج حاصله پربارتر خواهد بود. در این میان GIS سیستمی مناسب برای جمع‌آوری و مرتب سازی داده‌ها از یک سو و ترکیب و تلفیق آنها از سوی دیگر است (Bonham-Carter, 1996). معیارهای فنی و علمی باعث بالارفتن قدرت تصمیم‌گیری و افزایش کارایی‌ها در تجزیه و تحلیل‌های مکانی و فضایی می‌شود. همچنین مناطق امیدبخش معدنی قبل از هر گونه سرمایه گذاری جدی محدود می‌شود که این خود می‌تواند در هزینه‌های اکتشافی و زمان نیز صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای ایجاد کند. مهمترین هدف GIS تلفیق تمامی داده‌های



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز جهت تهیه نقشه‌های مناطق امیدبخش مواد معدنی در سیستم اطلاعات جغرافیایی، یکی از مراحل با اهمیت و حساس محسوب می‌شود. در اکثر موارد به دلیل پراکنده بودن و آماده نبودن اطلاعات، گردآوری آنها حداکثر زمان انجام یک پروژه را به خود اختصاص می‌دهد. داده‌های مورد استفاده در تعیین مناطق امیدبخش شامل داده‌های زمین‌شناسی، داده‌های دورسنجی، آنالیزهای تکنیکی و داده‌های ژئوشیمی اکتشافی می‌باشد (Ehlers, et al. 1991).

## بحث

در این تحقیق که از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است دو مرحله اساسی زیر انجام پذیرفت (Abdul-Rahman, Pilouk, 2007):

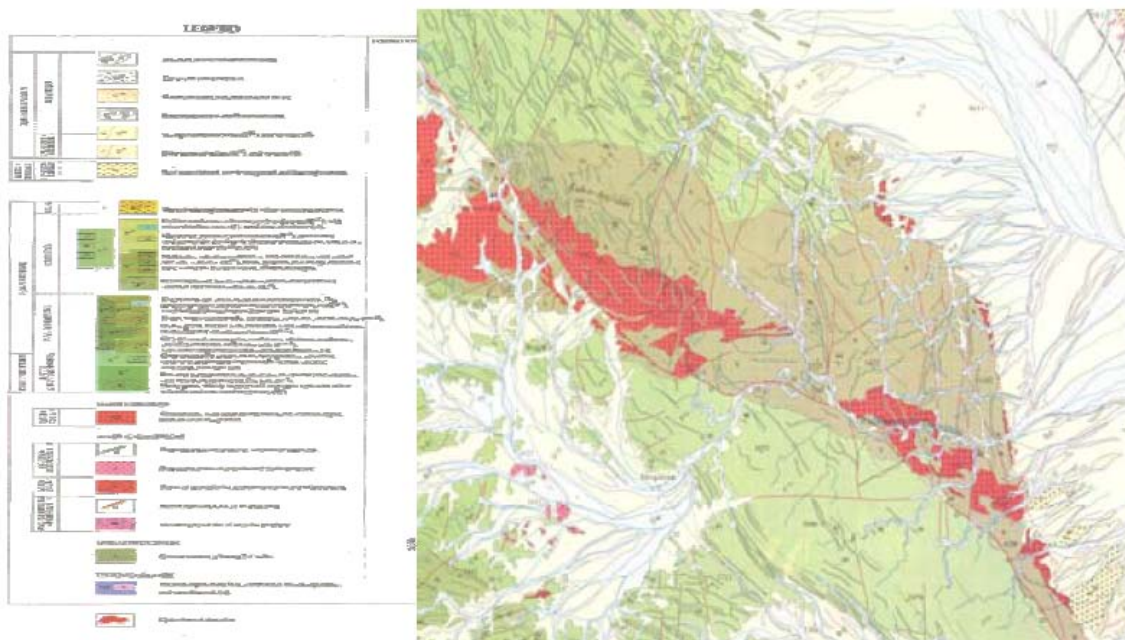
- ۱- گردآوری اطلاعات و تشکیل بانک اطلاعاتی لایه‌های مختلف
- ۲- ترکیب و تجزیه و تحلیل اطلاعات لایه‌ها با یکدیگر

## ۱- لایه اطلاعاتی زمین شناسی

از لایه‌های اطلاعاتی بسیار با اهمیت در تهیه نقشه نهایی، نقشه زمین‌شناسی می‌باشد. مبنای اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش، بررسی‌های نقشه و گزارش زمین‌شناسی برگه ۱:۵۰۰۰۰ ده بیرآبان و نمونه‌های برداشت شده از آن است (شکل ۲). از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در زون فلیشی نهندان - خاش واقع شده است که بیشتر سنگهای آن کم و بیش دارای رخساره فلیشی بوده و گستردگی سنگهای آتشفشانی ائوسن آن نیز به نسبت کم است. (آقاپاتی، ۱۳۸۳). توده‌های گرانودیوریتی، تونالیت، گرانیت و ترونجومیتی موجود در منطقه در درون مجموعه دگرگون شده ائوسن نفوذ کرده‌اند. اینها دارای ترکیب متوسط تا اسیدی بوده و بافت دانه متوسط تا دانه درشت دارند. توده گرانیتی و واحدهای سنگی موجود در منطقه با دایکها و سیلهای متعددی که اغلب دارای ترکیب متوسط تا اسیدی بوده و از روند شمال غرب - جنوب شرق پیروی می‌کنند، قطع شده‌اند. توده‌های نفوذی اصلی در ورقه ده بیرآبان به صورت منقطع دیده می‌شود و بر اساس مطالعات زمین‌شناسی صورت گرفته می‌توان آن را مرتبط با توده‌های گرانیتوئیدی زاهدان دانست و پیش‌بینی نمود که

در عمق منطقه یک توده باتولیتی پیوسته موجود بوده و رخنمونی که مشاهده می‌شود حاصل عملکردهای گسلی یا پوشیده شدن توسط واحدهای چینه‌ساختی جواتر است (شکل ۲).

سنگهای دگرگونی موجود در ناحیه نیز تنوعی از سنگهای دگرگونی ناحیه‌ای و مجاورتی را شامل می‌شود و گستره به نسبت وسیعی را به خود اختصاص می‌دهند. سنگهای دگرگونی ناحیه‌ای بخشی از پهنه فلیشی دگرگون شده دارای سن ائوسن می‌باشند. اینها مجموعه‌ای از آهک، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، سیلتستون، سنگهای آتشفشانی آندزیتی، سنگهای آتشفشانی حدواسط تا بازیک را شامل می‌شوند که دگرگونی متوسط تا ضعیفی را متحمل شده‌اند و حداکثر درجه دگرگونی آنها به رخساره آمفیبولیت معطوف می‌گردد. به‌طورکلی در محدوده مورد مطالعه سنگهای دگرگونی موجود به‌طور غالب شیل، ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ آهکی، آهکهای مارنی و آهکهای دگرگون شده‌ای هستند که درجه دگرگونی آنها بیشتر در حد رخساره شیست سبز می‌باشد. این سنگها در حاشیه توده‌های گرانیتی منطقه متحمل دگرگونی مجاورتی گردیده‌اند. هورنفلسی شدن و تبلور مجدد از دیگر خصوصیات این سنگها می‌باشد.



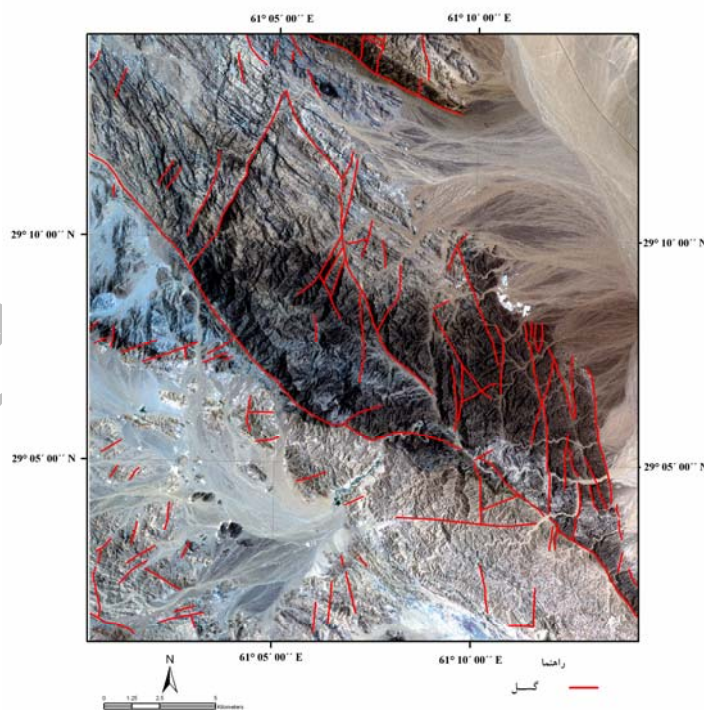
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی برگه ۱:۵۰۰۰۰ ده بیرآبان

## ۲- لایه اطلاعاتی دورسنجی

از دیگر داده‌های مورد استفاده در این بررسی داده‌های رقومی ماهواره‌ای هستند که برای تهیه آنها از تصاویر ETM+ و Aster استفاده شد. گسل‌ها و خطوطاره‌ها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM+ و داده‌های زمین‌شناسی به‌خصوص عکس‌های هوایی مشخص و تلفیق گردید (شکل ۳). بر این اساس حدود ۱۳۰ گسل در محدوده مورد مطالعه مشاهده گردید که دو روند غالب شمالی-جنوبی و شمال‌غربی-جنوب‌شرقی در آنها دیده می‌شود. یکی از روش‌های پیشرفته پردازش تصاویر ابرطیفی و همچنین داده‌های Aster، استفاده از کتابخانه طیفی (Spectral Library) کانیهای مورد نظر می‌باشد، با این توضیح که ابتدا بستگی به تیپ کانیزایی مورد نظر، نمودار منحنی مشخصه طیفی کانیها مورد اشاره انتخاب و بر اساس آنها شباهت پیکسل‌های تصویر ارزیابی می‌شود. این روش یک روش نیمه نظارت شده می‌باشد. یکی از اهداف پردازش تصاویر Aster شناسایی و استخراج دگرسانیها می‌باشد، بنابراین ابتدا منحنی

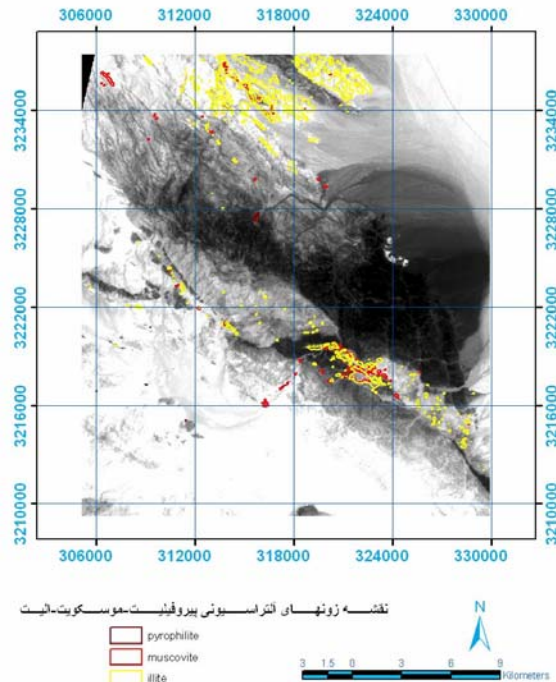
مشخصه طیفی چند کانی تعیین و سپس آنالیز بر اساس آنها صورت پذیرفت. کار بعدی Resample کردن منحنی طیفی کانیهای مورد نظر بر اساس تصاویر Aster بود. با Resample کردن منحنی‌های مذکور، امکان استفاده از آنها بعنوان End Member در روشهای Mapping فراهم می‌شود، فرایندی که در جریان این پروژه صورت گرفت. در مرحله نهایی نیز استفاده از روشهای Mapping در استخراج کانیهای مذکور بود. بسته به تصویر مورد استفاده و نتایج حاصله، یکی از انواع روشهای Mapping مانند Sam، LSU، SFF و Mf استفاده می‌شود که در اینجا از روش Sam استفاده گردید. (Tommaso, Rubinstein, 2007) (شکل‌های ۴ و ۵). براساس این مطالعات دو دسته دگرسانی اصلی پروفیلیت-الیت و کانی موسکویت و هماتیت-گوتیت در منطقه دیده شد. دگرسانی پروفیلیت-الیت و کانی موسکویت بخش مهمی از منطقه به‌خصوص در شمال منطقه را می‌پوشاند و الیت فراوانی بیشتری را نسبت به دیگر کانی‌های این زون نشان می‌دهد.

پراکنندگی گسل‌های منطقه

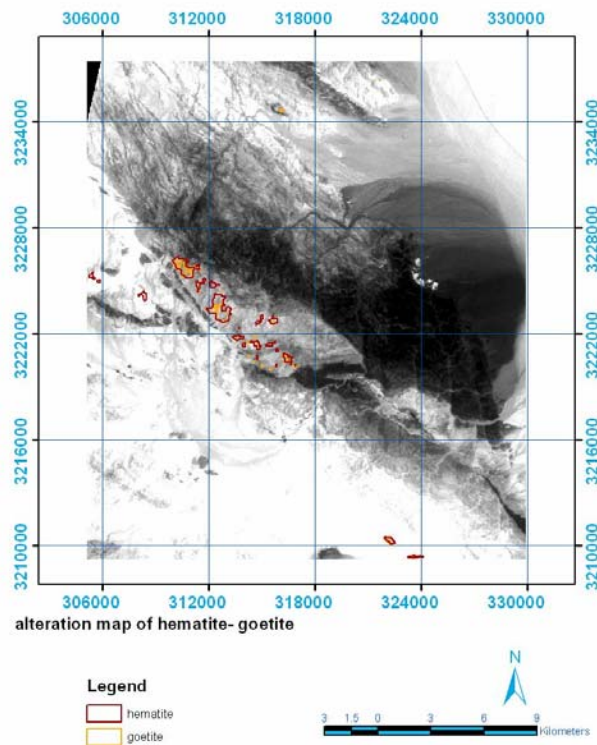


شکل ۳- گسل‌های مشخص شده بر روی عکس ماهواره‌ای منطقه





شکل ۴- نقشه زونهای دگرسانی پیروفلایت- موسکویت- ایلت



شکل ۵- نقشه زونهای دگرسانی هماتیت-گوتیت

### ۳- لایه اطلاعاتی ژئوشیمی

لایه مهم دیگر لایه ژئوشیمی در منطقه مورد مطالعه است. پس از طراحی شبکه نمونه برداری و برداشت ۱۰۶ نمونه از رسوبات آبراهه‌ای، این نمونه‌ها مورد آنالیز ۴۴

عنصری قرار گرفتند. یکی از اساسی‌ترین فرضهای لازم برای تحلیل صحیح مقدار متغیرها در جوامع ژئوشیمیایی همگن بودن آنهاست (یک جامعه بودن) و هرگونه انحراف در صحت چنین فرضی می‌تواند کم و بیش

ماهیت توزیع هریک از آنها می‌باشد که با محاسبه پارامترهای آماری مانند میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی و واریانس می‌توان به این موضوع دست‌یافت. هنگام بررسی مقادیر داده‌های خام به نمونه‌هایی برخورد می‌شود که در آستانه‌های بالا و پایین جامعه داده‌ها قرار گرفته و از جامعه اصلی جدا افتاده‌اند. اگر نمودار جعبه‌ای (Boxplot) آنها ترسیم شود این نمونه‌ها به نحو بارزی خودشان را از بقیه جدا می‌کنند (حسنی‌پاک، ۱۳۸۰). استفاده از برخی روشهای آماری منوط به نرمال بودن تابع توزیع متغیرهای مورد مطالعه است در حالیکه توابع توزیع از نوع لاگ نرمال است، به همین علت قبل از استفاده از این روشها داده‌های خام باید نرمال شوند. برای تعیین اینکه آیا ارتباط معنی‌داری میان تغییرات متغیرهای آماری وجود دارد، ضرایب همبستگی میان آنها محاسبه می‌شود. این عمل به دو منظور کشف همبستگی بین متغیرها و تخمین مقدار یک یا چند متغیر دیگر صورت می‌گیرد.

بر پایه جدول ضریب همبستگی پیرسون بین جفت متغیرهای در سطح اعتماد مطلوب ۹۹٪ می‌باشد که بیشترین ارتباط همبستگی بین عناصر آهن و وانادیوم برابر ۰/۸۱۵ وجود دارد. این ضرایب بیانگر ارتباط پارائزی بین عناصر می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱- جدول ضریب همبستگی پیرسون

V-Fe	V-Ti	Co-Cu	Co-V	Mn-Co	Mn-V	Mn-Ti	Co-Ti
۰/۸۱۵	۰/۸۰۷	۰/۷۴۰	۰/۷۲۹	۰/۷۲۳	۰/۷۱۱	۰/۶۷۳	۰/۶۱۸

(حسنی‌پاک، ۱۳۸۰). بیشترین ارتباط همبستگی بین عناصر آهن و وانادیوم برابر ۰/۸۲۹ وجود دارد. ضریب همبستگی بین جفت متغیرها به روش پیرسون و اسپیرمن بیانگر اختلاف تقریباً کم بین ضرایب همبستگی عناصر متناظر می‌باشد که حکایت از توزیع نسبتاً نرمال عناصر و همین‌طور عدم تأثیر نمونه‌های دور افتاده دارد (جدول ۲).

موجب انحرافاتی در تحلیل داده‌ها گردد و نهایتاً به نتایج نادرستی منجر شود. یکی از متغیرهای محیطهای سطحی که می‌تواند موجب ناهمگنی در جوامع ژئوشیمیایی گردد نوع سنگ بستر رخنمون‌دار است که نقش منشاء را برای رسوبات حاصل از فرسایش آنها ایفا می‌کند.

از آنجا که هر رسوب آبراه‌ای فقط از سنگهای بالادست خود مشتق می‌شود بدون نرمال نمودن مقدار عنصر نسبت به جنس لیتولوژی بالادست درحوضه آبریز امکان دستیابی به جامعه همگن که بتوان بر اساس آن مقادیر زمینه، آستانه و آنومالی‌ها را مشخص کرد، غیرممکن می‌باشد. تقسیم‌بندی این جوامع بر اساس نوع یا انواع سنگ بسترهای رخنمون‌دار موجود در بخش بالادست محل هر نمونه صورت پذیرفته است. این تقسیم‌بندی در پردازش داده‌ها از آن جهت اهمیت دارد که اجازه می‌دهد تا در هنگام محاسبه مقدار زمینه و حد آستانه، برای هر محیط مشابه به طور جداگانه عمل کرده و باعث افزایش درجه همگنی جامعه مورد بررسی می‌شود (حسنی‌پاک، ۱۳۸۰).

### ۳-۱- بررسی‌های آماری

اولین مرحله پردازش داده‌های ژئوشیمیایی، بررسی پارامترهای آماری مربوط به تک‌تک عناصر جهت شناخت

برای محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن از داده‌های خام استفاده شده است و همانطور که مشاهده می‌شود، در بعضی مواقع وضعیت متفاوتی نسبت به ضریب همبستگی پیرسون دارد این اختلاف بیشتر زمانی بروز می‌کند. که مقدار داده‌های خارج از رده زیاد باشد. اما مقایسه دقیق آنها، این نکته را بیان می‌کند که اختلاف این دو ضریب همبستگی خیلی زیاد نیست، این امر نشان دهنده تأثیرپذیری کم داده‌ها از مقادیر خارج از رده است

جدول ۲- جدول ضریب همبستگی اسپیرمن

V-Fe	Ti-V	Co - Cu	Mn-Co	Co -V	Mn - V	W-Sn	Mn-Ti
۰/۸۲۹	۰/۸۱۰	۰/۷۵۰	۰/۷۳۰	۰/۷۱۵	۰/۷۰۸	۰/۷۰۴	۰/۶۶۴

تخمین شبکه به ژئوشیمیست‌ها امکان می‌دهد تا نتایج حاصل از تخمین اطلاعاتی که مستقیماً از سلولها بدست می‌آید را به سایر سلولها نسبت دهند. این اطلاعات عموماً شامل فراوانی عناصر و شاخص‌های غنی شدگی مربوط به آنها می‌شوند.

در چنین حالتی افزایش تعداد سلولهایی که در مورد آنها داده‌ای بدست می‌آید، موجب می‌گردد تا ارتباط منطقی بین فراوانی یک عنصر در سلولها ظاهر گشته و امکان ارزیابی منطقه بندی موجود در نقشه توزیع یک عنصر فراهم گردد برای مثال اگر آنومالی توسط مقادیر زمینه محصور گردد. در این صورت این مدل تغییرات تدریجی از حد زمینه به حد آستانه و از حد آستانه به آنومالی موجب افزایش اعتبار آنومالی خواهد گردید.

تبدیل یک شبکه نامنظم نمونه برداری به یک شبکه منظم از امتیازات دیگر تخمین شبکه است. مهمترین ویژگی رسوبات آبراهه‌ای به منظور ارزیابی پتانسیل کانی‌سازی می‌تواند ناشی از این واقعیت باشد که مقدار هر متغیر در رسوبات رودخانه‌ای دارای خاصیت برداری است و جهت این بردار به طریقی است که همواره فقط برای ناحیه بالادست خود صادق است به عبارت دیگر ارقام حاصل از بررسی رسوبات آبراهه‌ای برخلاف سایر روشهای ژئوشیمیایی خاصیت جهت یافتگی دارند و همواره انعکاس دهنده تغییرات در بالادست خود می‌باشند.

روش تخمین شبکه به نحوی طراحی گردیده که این اثر مهم را به حساب آورد. این تکنیک بر اساس برداری بودن داده‌های رسوبات آبراهه‌ای بنا گردیده است، بدین صورت که داده‌های حاصل از برداشت رسوبات آبراهه‌ای فقط شامل اطلاعات حوضه آبریز بالادست خود بوده و نمی‌تواند در تخمین نقطه‌ای که در پائین‌دست آنها قرار دارد، شرکت کند. لذا برای درون‌یابی چنین داده‌های

به دلیل اینکه هر گروه از عناصر نسبت به یکسری از شرایط محیطی کم و بیش به طور مشابه حساسیت نشان می‌دهند، شناخت ارتباط و همبستگی ژنتیکی متقابل بین عناصر مختلف می‌تواند در شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیطهای ژئوشیمیایی به کار گرفته شود.

آنالیز خوشه‌ای یک روش آماری چند متغیره است که عناصر را بر اساس شباهت تغییرپذیری بین آنها در قالب دسته‌ها یا گروههایی طبقه‌بندی می‌کند. دلایل زیادی برای ارزشمند بودن آنالیز خوشه‌ای وجود دارد، از جمله اینکه آنالیز خوشه‌ای می‌تواند در یافتن گروههای واقعی کمک کند و همچنین باعث کاهش تراکم داده‌ها شود (حسنی پاک، ۱۳۷۶). با توجه به دندروگرام محاسبه شده می‌توان چهار گروه اصلی را جدا نمود که بیانگر ارتباط پارائزنی بین متغیرها می‌باشد.

گروه اول: شامل عناصر Pb, Sb, Ti, Ag

گروه دوم: شامل عناصر Au, Ba, Mo, Cu, W

گروه سوم: شامل عناصر Mn, Sr, As, Bi, Fe, Hg

گروه چهارم: شامل عناصر V, Sn, Cr, Ni, Be, Zn, Co

همچنین بر روی داده‌های خام و شاخص غنی شدگی پارامترهای آماری دیگری چون آنالیز فاکتوری آنالیز تمایز، Pn و.... انجام شد و در نهایت برای تخمین شبکه‌ای آماده گردید.

### ۳-۲- تخمین شبکه‌ای داده‌ها

تخمین شبکه یکی از روش‌هایی است که با استفاده از داده‌های مربوط به نقاط نمونه برداری، تخمین‌هایی در مورد نقاطی که از آنها نمونه برداری صورت نگرفته انجام می‌دهد. با توجه به گستردگی مناطق تحت پوشش اکتشافات به روش رسوبات آبراهه‌ای و نیز چگالی پایین نمونه برداری بخصوص در ایران روش تخمین شبکه کارآیی بهتری دارد.

به عملیات اکتشافی صورت گرفته ۲۶ نمونه از بستر آبراهه‌های منطقه به روش کانی‌سنگین و ۱۱ نمونه سنگی (مینرالیزه) برداشت شده است.

در برگه ۱:۵۰۰۰۰ ده بیر آبان کانی‌های مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، گارنت، پیروکسن، آمفیبول، زیرکن، آپاتیت، طلا، شلیت، روتیل، باریت، آنتاز، اسفن، لوکوکسن، سینابر، کلسیت، کانی‌های آلتزه، لیمونیت، پیریت‌اکسید و پیریت‌لیمونیت در نمونه‌های کانی‌سنگین مشاهده شدند. با توجه به اینکه تعداد کانی‌هایی که در نمونه‌ها مشاهده شده‌اند، متفاوت است ارزش آنها نیز متفاوت است.

با توجه به نتایج مطالعات انجام گرفته بر روی نمونه‌های کانی‌سنگین در منطقه مورد مطالعه کانی‌های سنگین به ۶ گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

- ۱- گروه کانی‌های سنگساز که عبارتند از: پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت، مسکویت، زیرکن، آپاتیت، کلسیت و کوندوم (Var1)
- ۲- گروه کانی‌های مرتبط با نهشته‌های مینرالیزه که عبارتند از: طلا، سینابر، شیلیت، باریت، سرب خالص (Var2)
- ۳- گروه کانی‌های دگرسانی که عبارتند از: کلریت، کانی‌های آلتزه، گارنت (Var3).
- ۴- گروه کانی‌های آهن‌دار که عبارتند از: مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، الیزیت، پیریت، پیریت-اکسید، پیریت-لیمونیت (Var4).
- ۵- گروه کانی‌های تیتان‌دار که عبارتند از: ایلمنیت، رتیل، اسفن، آنتاز، لوکوکسن، بروکیت (Var5).
- ۶- گروه کانی‌های منگنز و کرم‌دار که عبارتند از: پیرولولزیت، کرومیت (Var6).

#### ۴-۱- ترکیب و تجزیه و تحلیل اطلاعات

##### لایه‌ها با یکدیگر

پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز نوبت به تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌رسد. منظور از پردازش داده‌ها نگاهی

جهت دار، ابتدا باید مرز حوضه آبریز مربوط به نمونه‌ها مشخص شده، سپس جهت داده‌ها که می‌تواند در تخمین شرکت نماید مشخص شود. بدین صورت امکان معرفی ساختار تغییرپذیری داده‌ها فراهم می‌گردد. بدیهی است بیشترین انطباق بین یک شکل هندسی با حوضه آبریز را در یک چند ضلعی غیرمنتظم یافت. این چند ضلعیها یا به اصطلاح پلی‌گونها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای برای حوضه هر نمونه ترسیم می‌گردند. برای نیل به این مقصود یک Extention تحت بسته نرم‌افزاری Arcview طراحی گردیده که به صورت نیمه اتوماتیک بوده و با بهره‌گیری از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای در حداقل زمان و به بهترین نحو حوضه‌ها را ترسیم نموده و تا حد امکان حوضه‌های آبریز را اصلاح می‌نماید.

در روش تخمین شبکه‌ای ابتدا نقشه مورد نظر بوسیله شبکه‌ای از سلولهای هم بعد پوشانده می‌شود که ابعاد شبکه به مقیاس برداشتها و دقت مورد نیاز بستگی دارد. در این پروژه برای افزایش دقت نقشه‌ها از شبکه‌های ۳۰×۳۰ استفاده شده که به طور قابل توجهی به دقت این نقشه‌ها می‌افزاید. در نهایت سه نوع وزن (شامل فاصله، مساحت و نسبت مساحت اشغال‌شده از سلول مورد تخمین به مجموع مساحت‌های اشغال‌شده) برای هر سلول محاسبه گردیده و با توجه به این اوزان مقدار یک متغیر در هر یک از سلولهای شبکه تخمین زده می‌شود. در نهایت برای تمام عناصر و فاکتورهای حاصله نقشه تخمین مهیا گردید که برای تعیین مکانهای نمونه‌های کانی‌سنگین استفاده می‌شوند.

#### ۳-۳- فاز کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی

ارزش مشاهدات کانی‌های سنگین که جز، کانی‌های فرعی سازنده سنگ هستند و ممکن است در مناطق فاقد کانی سازی نیز پیدا شوند به اندازه عناصر ردیاب نیست ولی می‌تواند معرف محیط و بستر مناسب وقوع کانی‌سازی باشد. در کل در محدوده برگه ۱/۵۰۰۰۰ ده بیرآبان با توجه



سپس انطباق محدوده آنومالی‌های ژئوشیمیایی با محدوده آلتراسیون‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس شکل‌های ۴ و ۵ پراکندگی مناطق آلتراسیون که تقریباً در یک راستای شمال‌غربی - جنوب‌شرقی می‌باشد. پس از انطباق نقشه‌های محدوده‌های آنومالی و مناطق دگرسان مشاهده گردید که محدوده تمامی آنومالی‌ها در اطراف مناطق آلتراسیون می‌باشد که در این بین قرارگیری یک محدوده آنومالی اولویت اول منطبق بر منطقه آلتراسیون به لحاظ واقع بودن محدوده اکتشافی (جهت تنگستن و قلع) منطقه بسیار قابل توجه می‌باشد.

#### ۴-۲- معرفی مناطق امیدبخش نهایی

منطقه امیدبخش شماره یک در شمال روستای ده‌بیرآبان و شرق کوه انجیران به مساحت ۷ کیلومتر مربع واقع شده است. با توجه به لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی، لیتولوژی رخنمون‌دار آن شامل ماسه‌سنگ، سیلتستون، مادستون با میان لایه‌های ظریفی از سمی‌شیت می‌باشد. با توجه به لایه اطلاعاتی ژئوشیمی این آنومالی نسبت به عناصر  $\text{Sr, Mn, Mo, Co, Cu, Ti, V, Ni, Be}$  و  $\text{Sn}$  ناهنجاری نشان می‌دهد. در مطالعات کانی‌سنگین کانی‌های هماتیت، آمفیبول، باریت، پیریت‌اکسید، پیریت لیمونیت، لیمونیت، کرومیت، لوکوکسن شیلیت، کوندوم، سینابر، طلا، پیریت مشاهده شده است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز تکتونیک این آنومالی در محل تلاقی گسل‌ها و در واقع جایی که بیشترین دانسیته وجود دارد قرار گرفته است. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از داده‌های دورسنجی قسمت شمال شرقی آنومالی منطبق بر محدوده دگرسانی می‌باشد (شکل ۶).

منطقه امیدبخش شماره دو در شمال کوه انجیران به مساحت ۲/۵ کیلومتر مربع در برگه ۱:۵۰۰۰۰ ده‌بیرآبان واقع شده است. با توجه به لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی لیتولوژی غالب این محدوده شامل ماسه سنگ، سیلتستون، مادستون و هورنفلس می‌باشد. با توجه به لایه اطلاعاتی ژئوشیمی این آنومالی نسبت به عناصر داده‌های  $\text{Au}$  و  $\text{As}$

جهت‌دار به هر دسته از داده‌ها است که به موجب آن بتوان نقش سودمند آن گروه اطلاعات را در مسیر دستیابی به هدف نهایی استخراج نمود. از آنجاکه از تلفیق نقشه‌های مذکور در نهایت نقشه پتانسیل مواد معدنی حاصل می‌شود، لذا هرچه این نقشه‌های نشانگر با دقت بیشتر و روشهای مناسب‌تری تهیه گردند نقشه نهایی نیز از دقت بالاتری برخوردار خواهد بود. محاسبه وزن‌های مربوط به هر نقشه نشانگر می‌تواند با تکیه بر داده‌های موجود یا تکیه بر نظر شخص یا اشخاص متخصص و یا ترکیبی از هر دو صورت گیرد که در هر مورد روشهای مختلفی برای وزن‌دادن وجود دارد. وزن‌های لازم برای نسبت دادن به نقشه‌ها و کلاسهای آنها براساس یک پیش مرحله آنالیز ارتباط محل کانسارهای شناخته‌شده ناحیه با کلاسهای نقشه‌های مختلف انجام می‌گیرد و یا اینکه با استفاده از قضاوت متخصصین مربوط به هر شاخه علوم استفاده شده در نقشه‌های مختلف تصمیم‌گیری می‌شود.

نخست انطباق محدوده آنومالی‌های ژئوشیمیایی با محدوده زون‌های با شکستگی زیاد صورت گرفته است. براساس شکل شماره ۳ پراکندگی گسل‌ها تقریباً در یک راستای شمال‌غربی - جنوب‌شرقی می‌باشد. نکته بسیار حائز اهمیت قرار گرفتن محدوده آنومالی‌ها در محل تلاقی گسل‌ها می‌باشد که ارتباط بسیار تنگاتنگ تکتونیک با کانی‌زایی‌ها در منطقه رامشخص می‌کند. پس از انطباق نقشه‌های محدوده‌های آنومالی و دانسیته گسل‌ها دیده شد که تمامی آنومالی‌ها در محدوده‌ی با دانسیته گسلی بالا قرار دارند. به عبارتی علت وجود این مناطق پر پتانسیل می‌تواند به دلیل وجود پدیده‌های تکتونیک در منطقه باشد که در مشاهدات صحرائی نیز این پدیده‌های تکتونیک کم و بیش نمایان بوده است. در این بین قرارگیری سه محدوده آنومالی با اولویت اول در مناطق با دانسیته گسلی بالا به لحاظ واقع بودن محدوده اکتشافی (جهت طلا، مولیبدن، قلع و....) منطقه بسیار قابل توجه می‌باشد.

می باشد. با توجه به لایه اطلاعاتی ژئوشیمی این آنومالی نسبت به عناصر Sn, W, Ba و Ti دارای ناهنجاری می‌باشد. در مطالعات کانی سنگین کانی‌های مگنتیت، آمفیبول، پیروکسن، بیوتیت، باریت، آنتاز، پیریت، اکسید، پیریت- لیمونیت، لیمونیت، اسفن، زیرکن، شلیت، طلا و روتیل مشاهده شده است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز تکتونیکی این منطقه امیدبخش در محل تلاقی گسل‌ها و در واقع جایی که دانسیته متوسطی وجود دارد قرار گرفته است و در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از داده های دورسنجی منطبق بر محدوده دگرسانی می‌باشد (شکل ۶).

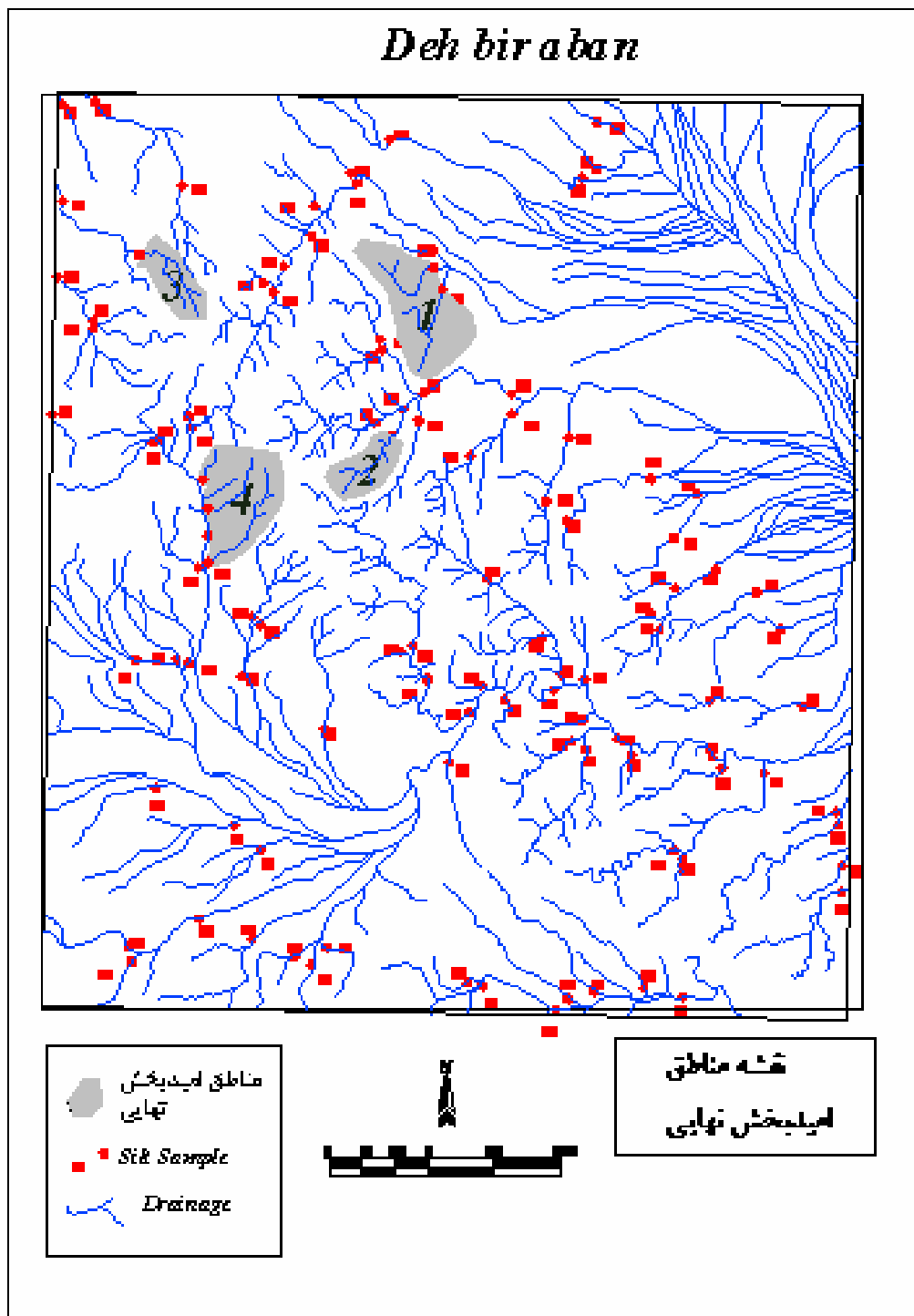
#### ۵- نتیجه گیری

مطالعات نشانگر این است که در بین این لایه‌ها، لایه اطلاعاتی ژئوشیمی و گسله‌ها به دلیل ویژگیهای خاص منطقه از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است. سه آنومالی ژئوشیمیایی با اولویت اول در مناطق با دانسیته گسلی بالا قرار داشته و آنومالی شماره ۴ منطبق بر دگرسانی‌ها نیز می‌باشند.

براساس مطالعات صورت گرفته و نتایج بدست آمده انجام عملیات اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای محدوده‌های دوم و سوم پیشنهاد می‌گردد. برای مناطق امیدبخش اول و چهارم به جهت گستره زیاد پیشنهاد می‌گردد که این محدوده‌ها مورد بررسی مجدد قرار گرفته و در محدوده‌های کوچکتری از آنها اکتشافات لیتوژئوشیمیایی انجام گردد. همچنین انجام عملیات ژئوفیزیک و حفاری در صورت لزوم پیشنهاد می‌شود.

ناهنجاری نشان می‌دهد. در مطالعات کانی سنگین کانی‌های آمفیبول، پیریت، لیمونیت، پیریت‌اکسید، لیمونیت، کرومیت، باریت، شیلیت و طلا مشاهده شده است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز تکتونیکی این آنومالی در محل تلاقی گسل‌ها و در واقع جایی که بیشترین دانسیته وجود دارد قرار گرفته است (شکل ۶). منطقه امیدبخش شماره سه در شمال کوه انجیران به مساحت ۲/۷ کیلومترمربع واقع شده است. با توجه به لایه اطلاعاتی زمین شناسی لیتولوژی رخنمون دار شامل ماسه‌سنگ، مادستون و سیلتستون می‌باشد. با توجه به لایه اطلاعاتی ژئوشیمی این منطقه نسبت به عناصر Zn و Mo آنومالی نشان می‌دهد. در مطالعات کانی سنگین کانی‌های مگنتیت، هماتیت پیروکسن، آمفیبول، شلیت، کربنوم و پیریت مشاهده شده است. گرچه نمونه‌های مینرالیزه این محدوده عیار قابل توجهی نشان ندادند ولی آنومالیها ژئوشیمیایی و کانی‌های فلزی مشاهده شده در کانی سنگین این محدوده نشان از پتانسیل معدنی جالب توجه داشت. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز تکتونیکی این آنومالی در محل تلاقی گسل‌ها و در واقع جایی که بیشترین دانسیته وجود دارد قرار گرفته است و در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از داده‌های دورسنجی در بالای محدوده دگرسانی مشاهده می‌شود (شکل ۶).

منطقه امیدبخش شماره ۴ در جنوب کوه انجیران و شمال غربی ده‌بیرآبان به مساحت ۶/۵ کیلومترمربع در برگه ۱:۵۰۰۰۰ ده‌بیرآبان واقع شده است. با توجه به لایه اطلاعاتی زمین شناسی لیتولوژی رخنمون دار شامل ماسه‌سنگ، مادستون، سیلتستون، گرانیات و هورنفلس



شکل ۶- مناطق امیدبخش نهایی

- حسنی پاک، ع. ا. ۱۳۸۰، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.

- **Abdul - Rahman, A. Piloukand M., 2007**, Spatial Data Modelling for 3D GIS, Springer, Heidelberg.

- **Bonham-Carter, G. F., 1996**, Geographic information systems for

### منابع

- آفانباتی، ع. ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- حسنی پاک، ع. ا. ۱۳۷۶، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران.

- **Ehlers, M., Greenlee, D., Smith, T. and Star, J., 1991**, Integration of remote sensing and GIS: Data and data access, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 57, No. 6.

- **Tommaso, Rubinstein, Nora, 2007**, Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit Argentina, Ore Geology Reviews, Vol. 32, Elsevier.

geoscientists: in the Geosciences, Vol. 13, Pergamon Publications, New York.  
modelling with GIS, Computer Methods

- **Bric, V., Pilouk, M. and Tempfli, K., 1994**, Towards 3D-GIS: Experimenting with a vector data structure. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXX, Part 4, Athens, Georgia, USA.

Archive of SID