



## اکتشافات ژئوشیمیایی به روش رسوبات آبراهه‌ای و مطالعه کانی‌های سنگین در منطقه جلد‌باخان، آذربایجان شرقی

معصومه لشگری<sup>۱\*</sup>، علی اصغر کلاگری<sup>۲</sup>، محمدرضا حسین‌زاده<sup>۳</sup>، احمد رواقی<sup>۴</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژئوشیمی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

\* عهده‌دار مکاتبات: masumehlashkari@gmail.com

دریافت مقاله: ۹۳/۸/۲۵، پذیرش مقاله: ۹۳/۱۰/۶

### چکیده

منطقه جلد‌باخان در جنوب شرق استان آذربایجان شرقی، بخشی از ایالت فلززایی طارم- قره‌داغ را تشکیل می‌دهد. نتایج اولیه حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای در جلد‌باخان، منجر به شناسایی بی‌هنجاری‌هایی از عناصر مختلف گردید. کنترل بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی از طریق مطالعات کانی‌های سنگین در رسوبات آبراهه‌ای و نمونه‌های کانی‌سازی شده انجام گرفت. مهم‌ترین کانی‌های سنگین شناسایی شده شامل مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، مارتیت، الیوست، پیریت، پیریت اکسید، گالن، طلا، مس طبیعی، باریت، مالاکیت، کوپریت، زیرکن، آپاتیت، روتیل، ایلمنیت، اسفن، پیروکسن، آمفیبول، گارنت و اپیدوت هستند. کانی‌های سنگین فلزی شناسایی شده عمدتاً در ارتباط تنگاتنگ با کانی‌سازی‌های اپی‌ترمال و رگه‌ای می‌باشد. تجزیه بعضی از نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی برداشت شده از محدوده بی‌هنجاری‌ها، برای عناصری مانند Ag, As, Au, Ba, Bi, Ce, Co, Cu, Mo, Ni, Sb, V, Zn عیار قابل توجهی نشان دادند. تلفیق یافته‌های حاصل از تجزیه‌های شیمیایی، مطالعات کانی‌های سنگین، کانه‌نگاری نمونه‌های کانی‌سازی شده و روابط صحرایی منجر به شناسایی محدوده بی‌هنجاری منطبق بر دره اصلی منطقه مورد مطالعه شد. انطباق نقشه بی‌هنجاری‌های نهایی با نقشه چگالی گسل‌های منطقه جلد‌باخان نشان می‌دهد که گسل‌ها در ایجاد این بی‌هنجاری‌ها نقش مهمی داشته‌اند. نتایج کلی حاصل از بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که بی‌هنجاری‌های شناسایی شده عمدتاً متعلق به عناصری مانند Au, Ag, Ba, Co, Cu, Sb, Zn بوده که می‌توانند به عنوان عناصر ردیاب مهم در اکتشاف کانسارهای طلا و نقره اپی‌ترمال و همچنین کانسارهای چند فلزی Au-Ag-Cu-Pb-Zn به کار روند.

**واژه‌های کلیدی:** جلد‌باخان، بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی، کانی‌های سنگین، بی‌هنجاری، رسوبات آبراهه‌ای

### ۱- مقدمه

در جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی واقع است. این ناحیه از نظر تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ایران (نبوی، ۱۳۵۵) بخشی از زون زمین‌ساختی البرز- آذربایجان و از دیدگاه فلززایی (آق‌نابتی، ۱۳۸۳) متعلق به حوزه چند فلزی طارم- قره‌داغ است. وجود رخدادها و معادن متروک و فعال در بخش‌های دیگر زون فلززایی طارم- قره‌داغ (مانند مشگین‌شهر، قره‌چمن، میانه، کیوی، زه‌آباد، باریک آب، خلیفه‌لو، علی‌آباد و گلوچه) و گسترش توده‌های نفوذی اسیدی تا حدواسط در این زون باعث شده است تا این ناحیه از نظر زمین‌شناسی، جزو مناطق مستعد برای اکتشاف و شناسایی کانسارهای فلزی و نافلزی محسوب شود. نخستین مطالعات انجام شده بر روی مسائل زمین‌شناسی این ناحیه، مربوط به کارهایی است که در خلال تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سراب توسط امامی و همکاران، (۱۳۷۱) انجام گرفته است. امینی و همکاران، (۱۳۵۷) مطالعات زمین‌شناسی ناحیه‌ای جلد‌باخان را در قالب تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میانه انجام داده‌اند. پژوهش‌های معدنی در ناحیه مورد مطالعه تا سال ۱۳۸۹ بسیار اندک بوده است. از مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در این ناحیه از این

در مطالعات ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای، می‌توان تا حدودی به محیط و فرایندهای مؤثر در تشکیل کانسارها پی برد (حسنی‌پاک، ۱۳۸۰، یزدی، ۱۳۸۱). به منظور جداسازی رسوبات آبراهه‌ای مرتبط کانی‌سازی احتمالی و آبراهه‌های بدون کانی‌سازی که موجب تضعیف بیش از حد بی‌هنجاری‌ها می‌شود (Zuo, 2009)، حوضه رسوبی مورد مطالعه به حوضه‌های کوچک‌تری تقسیم شده است. با توجه به اهمیت مطالعه ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای که می‌تواند در تشخیص محیط و فرایندهای مؤثر در اکتشافات مواد معدنی، غلظت و پراکندگی عناصر در رسوبات و تعیین عناصر ردیاب برای دسترسی به مناطق امیدبخش کمک نماید، روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه انتخاب شد (Xie et al., 2010). ناحیه مورد مطالعه در شمال غربی ایران، به مختصات جغرافیایی  $47^{\circ} 40' 00''$  تا  $47^{\circ} 40' 30''$  طول شرقی و  $37^{\circ} 50' 30''$  تا  $37^{\circ} 46' 30''$  عرض شمالی،

گسل‌های پنهان تعیین شدند. چگالی شبکه نمونه‌برداری برای منطقه مورد مطالعه یک نمونه در هر ۸/۲ کیلومتر مربع است. نمونه‌برداری از محل‌های تعیین شده بر روی نقشه و با استفاده از الک ۸۰- مش انجام شد. نمونه‌های برداشت شده، برای ۲۱ عنصر در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور تجزیه شیمیایی شدند. برای تعیین مقادیر Au در نمونه‌ها از کوره گرافیت و برای اندازه‌گیری مقادیر بقیه عناصر، از ICP-MS استفاده شد. همچنین به منظور کنترل دقت آزمایش‌ها، ۲۱ نمونه تکراری نیز به صورت تصادفی انتخاب و تجزیه شدند.

#### ۴- پردازش یافته‌های تجزیه‌ای

پس از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، ابتدا دقت تجزیه با استفاده از روش‌های ترمیمی (Thomson and Howarth, 1978) و نیز روش‌های محاسباتی (Govett, 1983) تعیین شده که مقادیر حاصل، از دقت قابل قبول برخوردار بوده‌اند. سپس یافته‌های خام مربوط به عناصری با بیش از پنجاه درصد مقادیر سنسورد حذف شدند. مقادیر سنسورد طلا، به دلیل اینکه تعداد آنها بیش از ده درصد کل یافته‌ها بود، به روش بیشترین درست‌نمایی کوهن (Sanford et al., 1993) و برای بقیه عناصر که تعداد یافته‌های سنسورد آنها کمتر از ۱۰ درصد کل یافته‌ها بود، به روش جایگزینی ساده (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰) تصحیح شدند. در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش رسوبات آبراه‌های و یا لیتوژئوشیمیایی، صرف‌نظر از مؤلفه آلودگی شیمیایی و تغییرپذیری از حالت نرمال، با دو مؤلفه همزاد (سین‌ژنتیک) و دیرزاد (پی‌ژنتیک) سروکار داریم که مؤلفه همزاد در ارتباط با فرایندهای سنگ‌زایی و مؤلفه دیرزاد در ارتباط با کانی‌سازی تأخیری بوده و به عنوان یک مؤلفه مفید اکتشافی شناخته می‌شود. مقدار زمینه یک سنگ از یک ناحیه به ناحیه دیگر ممکن است تغییر کند و نیز ممکن است مؤلفه همزاد (تغییرات سنگ‌شناسی) چنان قوی باشد که اثر مؤلفه دیرزاد را محو کند (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰).

برای از بین بردن اثر مؤلفه همزاد، با قرار دادن نقشه نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی، سنگ‌های بالادست هر نمونه ژئوشیمیایی در تولید رسوب تفکیک و در قالب جوامع مختلف سنگی رده‌بندی شدند. پس از تفکیک و رده‌بندی جوامع سنگی، مقدار زمینه محلی که در واقع مقدار میانه مربوط به هر جامعه است محاسبه شد و سپس با تقسیم یافته‌های خام مربوط به هر یک از عناصر در هر جامعه بر مقدار زمینه محلی، مقادیر شاخص غنی‌شدگی سنگ محاسبه شد. مقادیر به دست آمده توسط نرم‌افزار SPSS به روش سه پارامتری، بهنجار شد. پس از این مرحله، مقادیر خارج از رده براساس آزمون دورفل (Wellmer, 1998) شناسایی و جایگزین شدند. در نهایت ضرایب همبستگی برای عناصر مختلف به روش پیرسون (Swan & Sandilands, 1995) برای یافته‌های بهنجار شده، محاسبه شدند. براساس نتایج به دست آمده، بیشترین میزان همبستگی بین عناصر  $Cu-Zn=0.103$ ,  $Cu-Bi=0.165$ ,  $Mn-Ba=0.161$ ,  $V-Bi=0.270$  دیده می‌شود، که نشان‌دهنده توزیع نسبتاً نرمال عناصر و همین‌طور تأثیر کم نمونه‌های خارج از رده است (Carranz, 2008).

سال به بعد، می‌توان به اکتشافات چکشی کارشناسان سازمان زمین‌شناسی شمال غرب کشور (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۰) بر روی واحدهای آندزیتی مگاپورفیری شمال شرقی ناحیه اشاره کرد. این بررسی‌ها منجر به شناسایی و اکتشاف رخدادهایی از عناصر مس و طلا در واحدهای یاد شده گردید. نوشتار حاضر اطلاعات نسبتاً جامعی از اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه جلده‌باخان و ارتباط بی‌هنجاری‌های به دست آمده از این بررسی‌ها با پتانسیل‌های معدنی موجود ارائه می‌دهد.

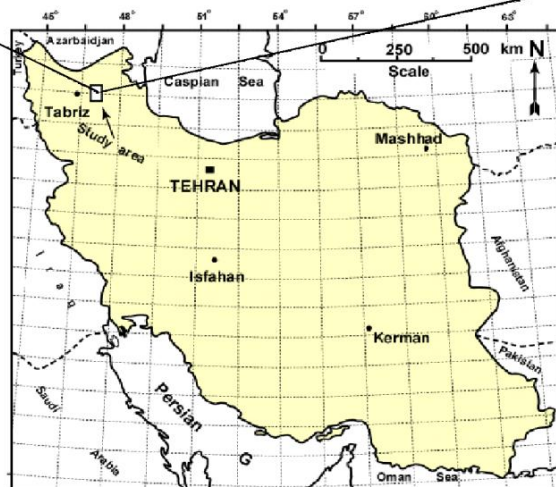
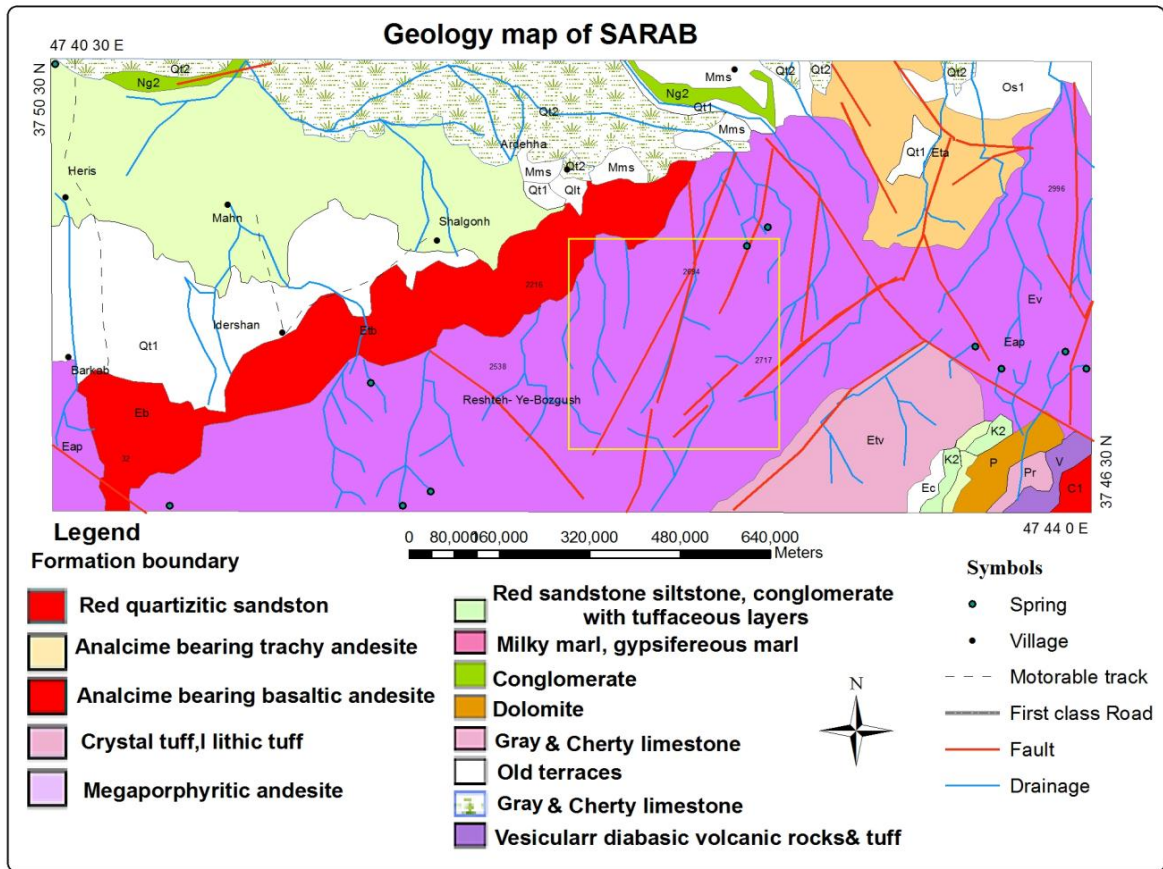
#### ۲- زمین‌شناسی منطقه

در این محدوده به دلیل نبود برونزد واحدهای قدیمی‌تر از ائوسن آگاهی درستی از وضعیت ساختاری آنها وجود ندارد. به همین جهت نمی‌توان پیامد رخدادهای زمین‌ساختی پیش از ائوسن را در منطقه مورد بررسی قرار داد. بیشتر واحدهای سنگی (چه رسوبی و چه آتشفشانی) متعلق به ائوسن، الیگوسن، میوسن و پلیوسن هستند (شکل ۱). بارزترین واحدهای سنگی ناحیه مورد مطالعه به ترتیب از قدیم به جدید شامل سنگ‌های آتشفشانی ائوسن (آندزیت و تراکی آندزیت مگاپورفیری، توف‌های خاکستری، قرمز و سبز و لاتیت پورفیری تا مگاپورفیری)، سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی میوسن (کنگلومر، مارن، برش توفی، ماسه‌سنگ) و رسوبات کواترنری هستند. سنگ‌های آتشفشانی ائوسن به صورت لایه‌هایی به رنگ‌ها و ضخامت‌های مختلف که اغلب توسط سنگ‌های مگاپورفیری قابل تشخیص‌اند، بیشترین رخنمون را در محدوده مورد مطالعه دارند. در بخش‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، کانی‌های سوپرژن مس عمدتاً به صورت مالاکیت و آزوریت قابل مشاهده هستند. سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی میوسن بیشترین رخنمون را در بخش‌های غربی منطقه دارند.

#### ۳- نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی

از روش‌های کشف ذخایر معدنی، اکتشافات ژئوشیمیایی است که در بهینه‌سازی هزینه‌های اکتشافی و راهنمایی برای شناسایی مناطق پتانسیل‌دار نقش موثری دارد (Kylie, 2007). انجام مطالعات ژئوشیمیایی به عنوان یک ابزار اکتشافی با بررسی توزیع و فراوانی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب موجود در توده‌های سنگی و معرفی بی‌هنجاری‌ها، مطالعه ترکیب و توزیع هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه، در اکتشاف کانی‌سازی‌های پنهان سودمند است (Venkatarman et al., 2000).

نخستین گام در اکتشافات ژئوشیمیایی، طراحی شبکه نمونه‌برداری است. با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) سراب، توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰) میانه، نقشه‌های (۱:۱۰۰۰۰۰) مشگین‌شهر، ژئوفیزیک هوایی (۱:۲۵۰۰۰) میانه، طرح کلی آبراه‌های منطقه به دست آمده، سپس با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) سراب و ژئوفیزیک هوایی (۱:۲۵۰۰۰) میانه طرح شبکه نمونه‌برداری تنظیم و محل‌های نمونه ژئوشیمیایی به تعداد ۱۳۵ نقطه در پایین دست گسل‌ها، همبری‌های مهم زمین‌شناسی، بی‌هنجاری‌های ژئوفیزیکی، مناطق با چگالی گسلی بالا،



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سراب و موقعیت محدوده اکتشافی جلدباخان بر روی آن

عامل اول: شامل عناصر Cd, Ce, Cr  
 عامل دوم: شامل عناصر Ba, Mn, Cu, Cd  
 عامل سوم: شامل عناصر As, Cu, Zn, V  
 عامل چهارم: شامل عناصر Fe, Cu, Pb

همچنین در این مطالعه به دلیل تعدد عناصر مورد بررسی و نمونه‌ها، به منظور تحلیل بهتر بر روی یافته‌های بهنجار شده، تحلیل عاملی (Factor Anahysis) انجام شد که نتیجه آن تبدیل متغیرهای نرمال به ۹ عامل

(جدول ۱) زیر است:

## ۵- کنترل بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی

کنترل بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی از طریق مطالعه نمونه‌های کانی سنگین در رسوبات آبراهه‌ای و همچنین توسط مطالعات سنگ‌نگاری نمونه‌های کانی‌سازی شده صورت گرفته است. ۱۹ نمونه کانی سنگین و ۶ نمونه سنگی از محل بی‌هنجاری‌های اولیه برای کنترل این بی‌هنجاری‌ها برداشت و پس از آماده‌سازی در سازمان زمین‌شناسی کشور مطالعه شدند (جدول ۳). کانی‌های شناسایی شده در این نمونه‌ها، به دو سری (۱) کانی‌های سنگ‌ساز زیرکن، آپاتیت، روتیل، ایلمنیت، اسفن، پیروکسن، آمفیبول، مگنتیت، گارنت، کلریت و اپیدوت (۲) کانی‌های مرتبط با نهشته‌های کانی‌سازی شده باریت، مس طبیعی، گالن، سرب طبیعی، ایلمنیت، مولیبدنیت، هماتیت، پیریت، پیریت اکسید، روی طبیعی، الیژیست، لیمونیت، گوتیت، مارتیت، مالاکیت تقسیم شدند. در منطقه مورد مطالعه با توجه به تحرک کم ذرات کانی‌های سنگین نسبت به یون‌ها و ارتباط منطقی آنها نسبت به سیماهای ساختاری-زمین‌شناسی مرتبط با نهشته‌های کانساری، هاله‌های مرکب جمعی کانی‌های سنگین تعریف شده است. این هاله‌های جمعی به صورت متغیرهای شش‌گانه به شرح زیر است:

- کانی‌های مگنتیت، هماتیت، الیژیست، لیمونیت و مارتیت (شکل ۲- الف)
  - کانی‌های پیروکسن، آمفیبول، گارنت و اپیدوت (شکل ۲- ب)
  - کانی‌های زیرکن، آپاتیت، روتیل، ایلمنیت و اسفن (شکل ۳- الف)
  - کانی‌های پیریت و پیریت اکسید (شکل ۳- ب)
  - کانی‌های گالن، سرب و باریت (شکل ۴- الف)
  - کانی‌های مالاکیت، کوپریت و مس طبیعی (شکل ۴- ب)
- مطالعه هاله‌های مرکب هر گروه نشان می‌دهد که در حوضه‌ای که کانی‌های پیریت اکسید، پیریت و مالاکیت گسترش دارند (شکل ۳- ب) مجموعه کانی‌های مس و پاراژنز آن نیز حضور دارند (حوضه شمال شرقی روستای جلده‌باخان) (شکل ۴- ب).

مطالعات صحرایی در منطقه نشان می‌دهد که در بالادست حوضه‌ای که مجموعه مس و پاراژنز آن در نمونه‌های کانی سنگین یافت شده است، آثار کانی‌های سوپرژن به صورت رگه‌های مالاکیتی و مس آزاد در داخل واحدهای آتشفشانی (واحد آندزیت مگاپورفیری) رخمون دارند (شکل ۵). این رگه‌ها به صورت اپی‌ترمال در داخل واحد آندزیت مگاپورفیری تشکیل شده است (بیشترین میزان مس در این رگه‌ها ۴۱۲ میلی‌گرم بر تن است). از این رو می‌توان استنباط کرد که این هاله‌های ثانویه مرتبط با کانی‌سازی در واحدهای سنگی آتشفشانی دگرسان شده هستند.

از آنجا که احتمال دارد بی‌هنجاری‌های به‌دست آمده با ساختارهایی همچون گسل‌ها در ارتباط نزدیک باشند، برای انطباق این بی‌هنجاری‌ها با مناطق گسلی، نقشه ارتباط بین بی‌هنجاری‌ها و گسل‌های محدوده مورد مطالعه، رسم شد (شکل ۶). مقایسه و بررسی نقشه چگالی گسل‌ها با نقشه بی‌هنجاری‌های نهایی عناصر، انطباق بسیار خوبی را بین آنها نشان می‌دهد که خود می‌تواند بیانگر کنترل بی‌هنجاری‌ها توسط گسل‌ها باشد.

عامل پنجم: شامل عناصر Au, Ba, Co

عامل ششم: شامل عناصر Rb, Sb

عامل هفتم: شامل عناصر Co, Mg, V, Th

عامل هشتم: شامل عناصر Co, Mo, Pb, V

عامل نهم: شامل عناصر Ag, Co, Pb, V

برای بررسی میزان اعتبار تحلیل عاملی از ضریب اطمینان دترمینان (Kaiser-Meyer-Olkin)، در فضای نرم‌افزار SPSS استفاده شد. ضریب اطمینان دترمینان در تایید یا رد تحلیل عاملی کاربرد دارد. مقادیر KMO بزرگ‌تر از ۰/۹ بیانگر این است که انجام تحلیل عاملی از اعتبار بالایی برخوردار است. به همین ترتیب مقادیر ۰/۸ از اعتبار بالا، ۰/۷ متعادل، ۰/۶ اعتبار متوسط، ۰/۵ اعتبار ناچیز دارند و مقادیر کمتر از ۰/۵ در انجام تحلیل عاملی فاقد اعتبار هستند. تحلیل عاملی مقدار KMO محاسبه شده برای یافته‌های مربوط به نمونه‌های ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه ۰/۵۶۹ بوده که حاکی از اعتبار متوسط تحلیل عاملی برای این یافته‌هاست. برای تفکیک بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی، مقادیر میانه (X) و انحراف معیار (S) (جدول ۲)، مقادیر حد زمینه (معادل با X)، حد آستانه بی‌هنجاری‌ها (معادل با X+2S) و بی‌هنجاری‌های ممکن (مقادیر بین X+2S و X+3S)، و احتمالی (مقادیر  $X < 3S$ ) تعیین شدند (Hawkes et al., 1962). سپس به منظور مرتب‌سازی و تفکیک بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی به‌دست آمده، از روش P.N (احتمال پیدایش نمونه‌ای با مقدار مطلوب موردنظر و N تعداد نمونه‌های برداشت شده) که براساس احتمال حضور نمونه‌هایی با غلظت بیشتر از حد معمول یا تعداد نمونه‌هایی با غلظت زیاد استوار است، بهره گرفته شد. در نهایت، نقشه‌های بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی اولیه با استفاده از روش تخمین شبکه (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰) برای ۲۱ عنصر و ۹ عامل رسم شد. این بی‌هنجاری‌ها، نشان‌دهنده نحوه تمرکز و گسترش عناصر در محدوده مورد مطالعه است. در اکتشافات ژئوشیمیایی، حضور یک یا چند عنصر از یک پاراژنز معین، می‌تواند دلالت بر حضور احتمالی اعضای دیگر آن پاراژنز داشته باشد. بنابراین، از وجود این عناصر می‌توان به عنوان ردیابی برای اکتشاف عناصر دیگر، بویژه نهشته‌های پنهانی که در آنها فلزات اصلی کانسار به‌آسانی قابل ثبت نیستند، استفاده کرد (Peters, 1978). بررسی محققان (Beus & Grigorian, 1977; Levinson, 1980; Rose et al., 2001; Peters, 1978) نشان می‌دهد که می‌توان از عناصری مانند Ag, As, Bi, Sb فلزی Au, Ag, Co, Cu, Pb استفاده کرد. عناصری مانند Sn, Ti, W نیز در برخی از کمربندهای کانسار (بویژه طلا) از خود غنی‌شدگی نشان می‌دهند (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). از این رو گسترش بی‌هنجاری‌های فوق در ناحیه جلده‌باخان، می‌تواند احتمال وجود کانسارهای رگه‌ای Au, Ag و کانسارهای چند فلزی Ag, Au, Cu, Pb, Zn را نشان دهد.

جدول ۱- نتایج حاصله از آنالیز فاکتوری یافته‌های نرمال شده

Variable	Component								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NORMAI Au	.036	.004	-.027	.063	.535	-.031	.069	.070	-.037
NORMAI Ag	-.057	.022	.039	-.064	.008	-.006	.000	-.152	.715
NORMAI As	.096	.055	.165	.106	.092	.097	-.536	-.102	.097
NORMAI Ba	-.026	.394	.014	-.134	.241	.176	.068	.032	.069
NORMAI Cd	.366	.170	-.015	-.034	-.005	.145	.051	.079	-.129
NORMAI Ce	.480	-.145	-.075	-.017	.033	.016	.079	-.109	-.044
NORMAI Co	.179	.071	-.332	.052	.236	-.161	.206	.101	.225
NORMAI Cr	.354	-.002	.043	-.043	-.038	-.085	-.172	.001	.053
NORMAI Cu	.067	.115	.233	.161	-.104	-.119	.081	-.421	-.039
NORMAI Fe	-.045	.025	.046	.535	-.051	.004	-.148	-.092	-.017
NORMAI Mg	.007	.068	.078	.080	.138	.041	.422	-.112	.085
NORMAI Mn	.026	.490	.051	.035	-.112	-.059	.006	-.019	.038
NORMAI Mo	.011	.048	.105	.012	.009	-.066	.026	.664	-.128
NORMAI Ni	.019	.031	.109	-.500	-.133	-.010	-.144	-.030	.028
NORMAI P	.064	-.184	-.450	-.024	.047	.121	.038	-.183	-.008
NORMAI Pb	-.040	.025	.046	.152	-.220	.017	-.113	.162	.342
NORMAI Rb	.076	.053	.082	.075	-.005	.523	.053	.021	.018
NORMAI Sb	-.032	-.033	-.089	-.055	-.008	.585	-.079	-.069	-.036
NORMAI Zn	.068	-.205	.338	-.090	.198	.061	-.040	-.152	.009
NORMAI V	.035	-.211	.288	-.079	-.005	.076	.204	.104	.233
NORMAI Th	.168	.039	.039	-.014	-.337	.026	.332	.001	.018

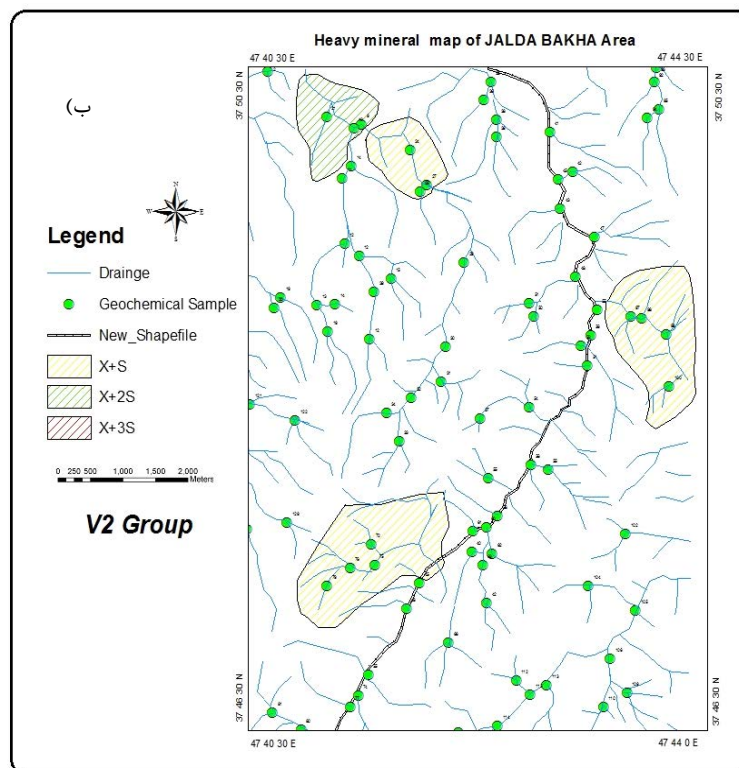
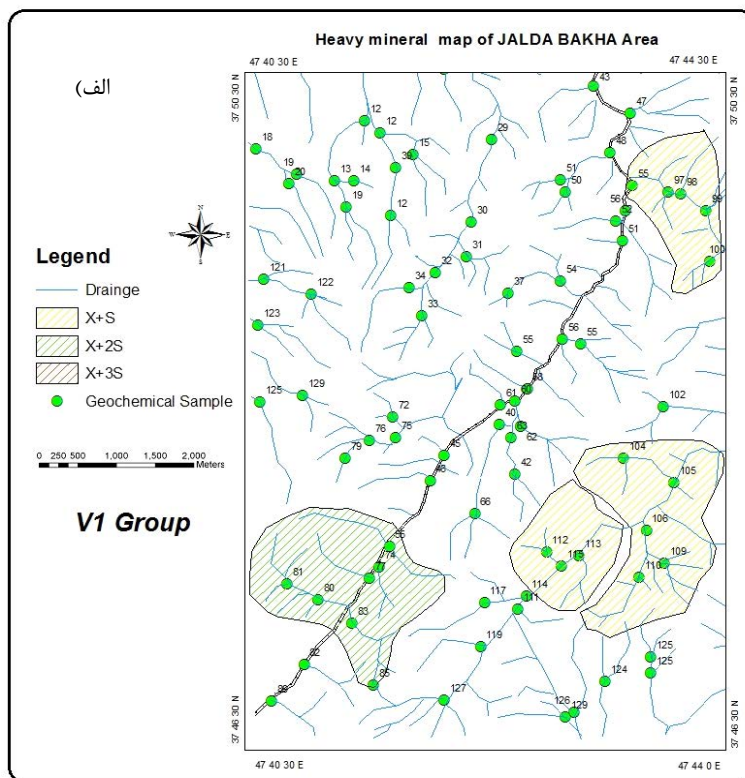
جدول ۲- مقادیر حد زمینه، انحراف معیار، حد آستانه آنومالی‌های ممکن و احتمالی عناصر مختلف

Element	X	S	X+S	X+2S	X+3S
Au	1.25	0.48	1.37	2.21	2.69
Ag	0.261	0.047	0.308	0.355	0.402
As	8.68	1.42	10.1	11.52	12.94
Ba	0.014	0.008	0.022	0.03	0.038

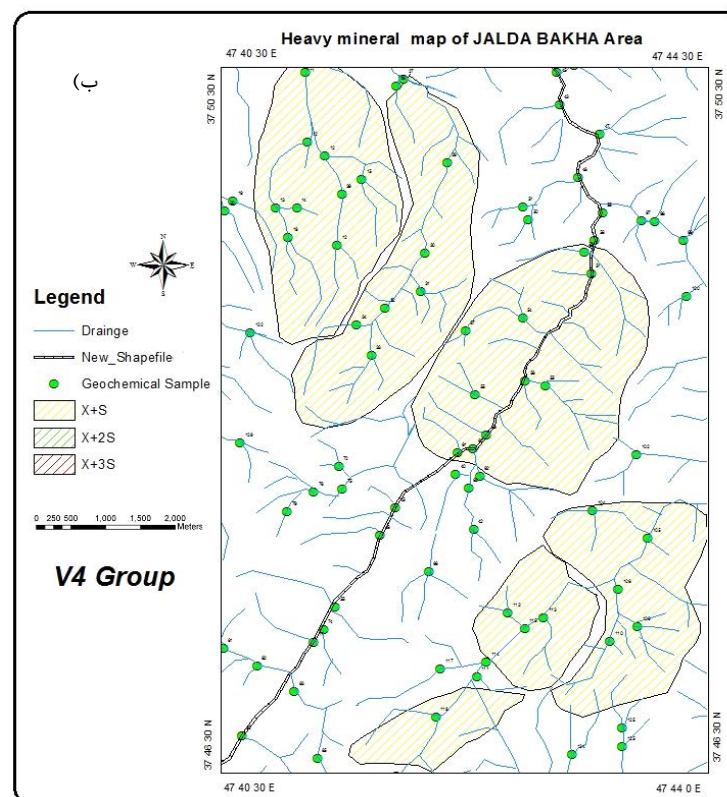
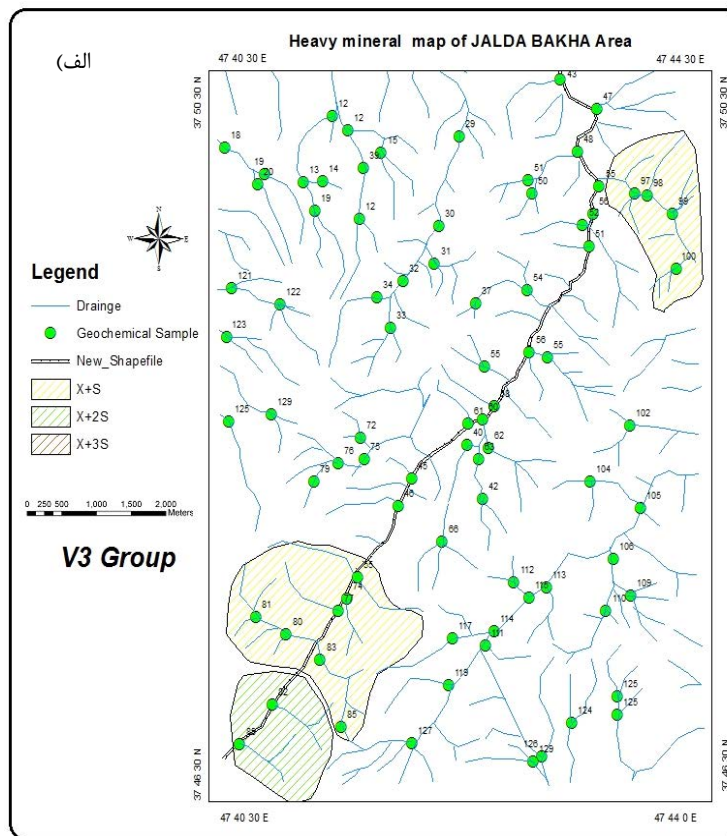
Cd	0.29	0.037	0.327	0.364	0.401
Ce	69.65	9.506	79.156	88.662	98.168
Co	22.3	7.221	29.521	36.742	43.963
Cr	71.75	11.76	83.51	95.27	107.03
Cu	181.81	51.93	233.74	285.67	337.6
Fe	43.93	52.20	96.13	148.33	200.53
Mg	11.52	18.65	30.17	48.82	67.48
Mn	38.76	90.14	128.9	219.09	209.18
Mo	1.093	1.023	2.116	3.139	4.162
Ni	25.01	13.7	38.71	52.41	66.11
P	24.10	219.2	243.3	462.5	681.7
Pb	23.29	4.709	27.999	32.708	37.417
Rb	136.39	16.315	152.705	169.02	185.335
Sb	1.034	0.0165	237.53	293.98	350.43
Th	9.6608	6.224	15.8848	22.108	28.3328
V	229.41	25.112	254.222	279.634	304.746
Zn	100.34	26.96	127.3	154.26	181.22

جدول ۳- نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های کانی‌سازی شده که از محل بی‌هتجاری‌های اولیه برداشت شده‌اند (طلا بر حسب ppb و بقیه عناصر بر حسب ppm می‌باشند)

Sample	Au	Ag	As	Ba	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Mg
JB-M-01	2	0.40	8.90	0.01	0.31	71.0	15.0	24.0	20590	41129.0	9850.0
JB-M-02	2	0.30	9.60	0.01	0.29	56.0	20.0	25.0	28400	36720.0	11570.0
JB-M-03	3	0.90	10.30	0.01	0.30	67.0	17.0	24.0	30759	39680.0	9299.0
JB-M-04	10	0.29	6.30	0.01	0.30	58.0	17.0	25.0	46220	38890.0	14054.0
JB-M-05	3	0.69	8.10	0.01	0.30	63.0	19.0	23.0	42820	44209.0	12602.0
JB-M-06	3	0.90	7.90	0.01	0.30	52.0	20.0	26.0	28700	41720.0	12140.0
Sample	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Sc	Th	V	Zn
JB-M-01	1207.0	1.02	22.0	2319.0	26.0	128.0	1.03	16.30	8.70	249.0	74.0
JB-M-02	939.0	1.07	19.0	2318.0	24.0	133.0	0.98	17.90	9.60	256.0	115.0
JB-M-03	721.0	0.96	9.0	2589.0	29.0	130.0	1.07	15.10	10.10	174.0	214.0
JB-M-04	655.0	0.95	11.0	2947.0	22.0	131.0	1.07	9.30	8.60	124.0	292.0
JB-M-05	719.0	0.92	18.0	2341.0	21.0	149.0	0.99	17.60	10.20	251.0	185.0
JB-M-06	630.0	0.91	12.0	2516.0	24.0	153.0	1.03	15.90	9.30	227.0	219.0

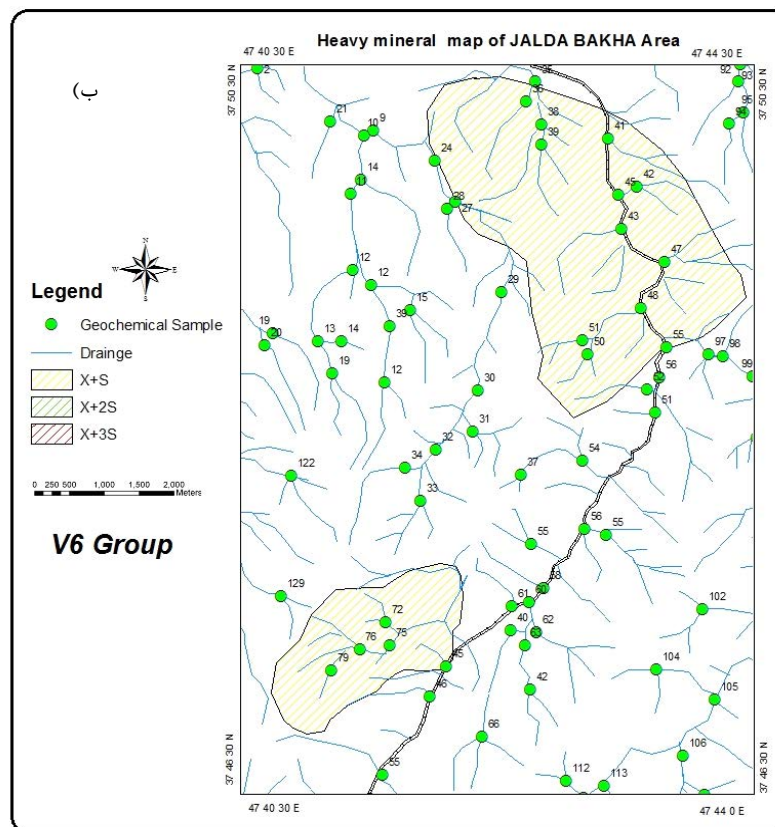
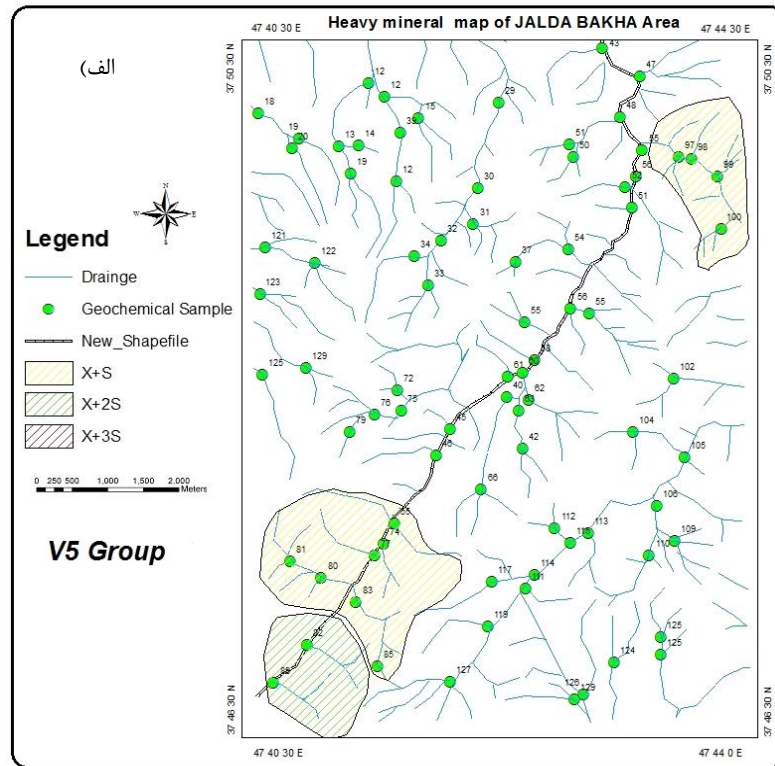


شکل ۲- نقشه هاله‌های مرکب کانی‌های سنگین تعریف شده در منطقه براساس مطالعات کانی‌های سنگین: الف- (کانی‌های مربوط به متغیر اول) مگنتیت، هماتیت، الیژست، لیمونیت و مارتیت، ب- (کانی‌های مربوط به متغیر دوم) پیروکسن، آمفیبول، گارنت و اپیدوت



شکل ۳- نقشه هاله‌های مرکب کانی‌های سنگین تعریف شده در منطقه براساس مطالعات کانی‌های سنگین: الف- زیرکن، آپاتیت، روتیل، ایلمنیت و اسفن، (کانی‌های مربوط به متغیر سوم) ب- پیریت و پیریت اکسید (کانی‌های مربوط به متغیر چهارم)

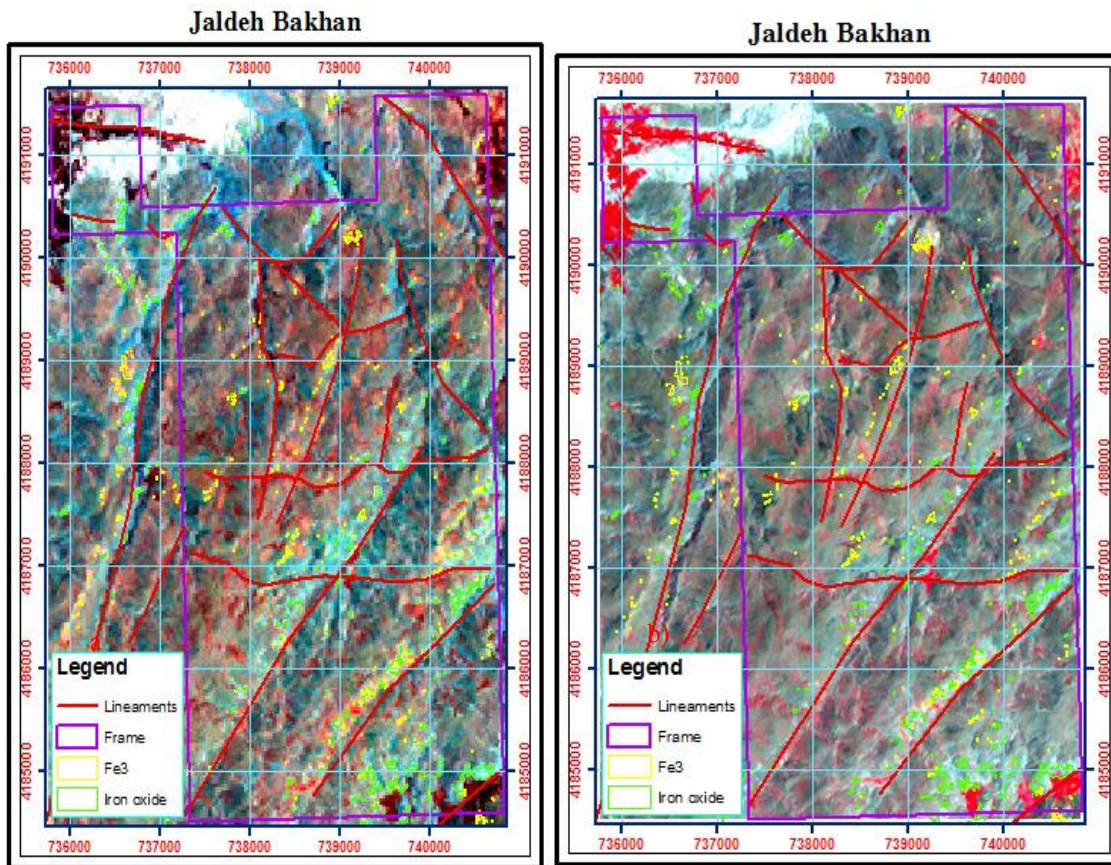




شکل ۴- نقشه هاله‌های مرکب کانی‌های سنگین تعریف شده در منطقه براساس مطالعات کانی‌های سنگین: الف- گالن، سرب و باریت، (کانی‌های مربوط به متغیر پنجم) ب- ملاکیت، کوپریت و مس آزاد (کانی‌های مربوط به متغیر ششم)



شکل ۵- الف- تصویری از کانی‌سازی رگه‌ای مس در داخل واحد آندزیت مگاپورفیری در منطقه ب- مقطع صیقلی مربوط به نمونه الف که حاوی کانه‌های مالاکیت (Mal)، مس آزاد و پیریت (Py) است



شکل ۶- نقشه ارتباط بین بی‌هنجاری‌ها و گسل‌ها در محدوده مورد مطالعه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای ASTER. a: ETM<sup>+</sup>. b:

### نتیجه‌گیری

اکتشاف ذخایر رگه‌ای Ag-Au و نیز رگه‌های چند فلزی Au-Ag-Cu-Pb-Zn استفاده شوند.

۳- نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی، کانی‌های سنگین، نمونه‌های کانه‌سازی شده و دگرسان، مطالعات صحرایی با یکدیگر تلفیق و در مجموعه دو زون جهت اکتشاف برای عنصر مس در منطقه پیشنهاد می‌شود. زون اول با مساحت ۴,۸ کیلومتر مربع مشتمل بر دره اصلی محدوده است. زون دوم که در بخش شمال شرق محدوده واقع است، ۱,۶ کیلومتر مربع وسعت دارد.

۱- نتایج حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی در برکه توپوگرافی جلده‌باخان، منجر به تفکیک دو محدوده بی‌هنجاری از عناصر Ag, As, Ba, Bi, Ce, Co, Cu, Mo, Ni, Sb, V, Zn Au شد.

۲- بیشترین گسترش این بی‌هنجاری‌ها مربوط به عناصر Ag, Ba, Co, Cu, Sb, Zn Au بوده که می‌توانند به عنوان ردیاب‌های خوب در

ral prospectivity mapping in GIS", *Amsterdam, Elsevier, Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry 11*, P.366.

**Govett, G.J., 1983**, "Handbook of Exploration Geochemistry (Statistical Data Analysis in Geochemical Prospecting)", *Amsterdam, Elsevier*, P.461.

**Hawkes, H.E., Webb, J.S., 1962**, "Geochemistry in mineral exploration", *Harper and Row publishing, New York and Evanston*, P.415.

**Levinson, A. A., 1980**, "Introduction of exploration geochemistry", *Applied publishing Ltd., Wilmette, Illinois*, P.924.

**Kylie, P., 2007**, "Application of lithogeochemistry to gold exploration in the St Ives goldfield, Western Australia", *Exploration Environment Analysis*, 7, 2, P.99-108.

**Peters, W.C., 1978**, "Exploration and Mining Geology", *John Wiley & Sons Ltd*, P.704.

**Rose, R., Rodney, L., and Michael, D., 2001**, "Hydrothermal alteration and volatile element halos for the Rosebery K Lens volcanic-Hosted massive sulfide deposit", *western Tasmania Economic Geology 96 (5)* P.1055-1072.

**Sanford, F., Pierson T., Crovelli R.A., 1993**, "An objective replacement method for censored geochemical data", *Mathematical Geology 27*, P.59-79.

**Swan, A.R. H., Sandilands M., 1995**, "Introduction to geological data analysis", *Blackwell Science, Cambridge*, P.446.

**Thomson, M., Howarth R., 1978**, "A New Approach to The Estimation of Analytical Precision", *Journal of Geochemical Exploration*, 9, P.23-30.

**Venkataraman, G., abu Madhavan, B., Ratha, D. S., And Sinharoy, S., 2000**, "Spatial modeling for base-metal mineral exploration through integration of geological data-sets", *Jour. Natural Resources Research*, 9, P.27-42.

**Wellmer, F.W., 1998**, "Statistical evolution in exploration for mineral deposits Springer", *New York*, P.379.

**Xie, Sh., Cheng, Q. Xing, X., Bao, Zh. & Chen, Zh., 2010**, "Geochemical multifractal distribution patterns in sediments from ordered streams", *Geoderma 160 (1)*, P.36-46.

**Zuo, R., Cheng, Q., Agterberg F. P. & Xia, Q., 2009**, "Application of singularity mapping technique to identify local anomalies using stream sediment geochemical data", *a case study from Gangdese, Tibet, western China, Journal of Geochemical Exploration 101(3)*: P.225-235.

۴- نتایج حاصل از انطباق نقشه بی‌هنجاری‌های نهایی با نقشه چگالی گسل‌ها نشان داد که بیشتر بی‌هنجاری‌های به دست آمده منطبق بر زون‌های با چگالی گسلی بالاست. بنابراین در به وجود آمدن بی‌هنجاری‌های فوق، احتمالاً شکستگی‌ها و گسل‌ها نقش بسیار موثری ایفا کرده‌اند. از این رو، این زون‌ها اهمیت اکتشافی بالایی دارند.

## تقدیر و تشکر

بخشی از این پژوهش توسط دانشگاه تبریز حمایت مالی شده است. از سردبیر و داوران علمی مجله برای راهنمایی‌ها و نظرات بسیار سازنده ایشان متشکریم.

## مراجع

- امامی، م. بهروزی، ر. امینی، آ.، ۱۳۷۱، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سراب" سازمان زمین‌شناسی کشور در برگ شماره ۵۵۶۵.
- آقناباتی، ع. ا.، ۱۳۸۳، "زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- امینی، ب. خدابنده، ع. فریدی، م.، ۱۳۵۷، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میانه" سازمان زمین‌شناسی کشور.
- شکوهی، ح.، رواقی، ا.، حمیدی، م.، ۱۳۹۰، "گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی- کانی سنگین در محدوده برگه ۱:۲۵۰۰۰ جلد‌باخان" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۳ صفحه.
- حسنی‌پاک، ع. ا.، شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۰، "تحلیل داده‌های اکتشافی" انتشارات دانشگاه تهران، ۹۷۸ صفحه.
- حسنی‌پاک، ع. ا.، ۱۳۷۷، "زمین‌آمار (ژئواستاتیسیتیک)" انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۴ صفحه.
- نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵، "دیب‌چهای بر زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ صفحه.
- یزدی، م.، ۱۳۸۱، "روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی" انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۰ صفحه.
- Beus, A.A., and Grigorian, S.V., 1977**, "Geochemical exploration method for mineral deposits", *Trans by R.T. Schneider ed by A.a Levinson, I lliais applied publishing*, P.924.
- Carranza, E. J. M., 2008**, "Geochemical anomaly and mine-