



## تعیین مناطق دگرسان شده آغشته به اکسید آهن با استفاده از ترکیب داده‌های Aster و Sentinel-2A در منطقه رابر، استان کرمان

احمد پورشمسم الدین مطلق<sup>۱\*</sup>، حجت الله رنجبر<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- استاد بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان

### چکیده:

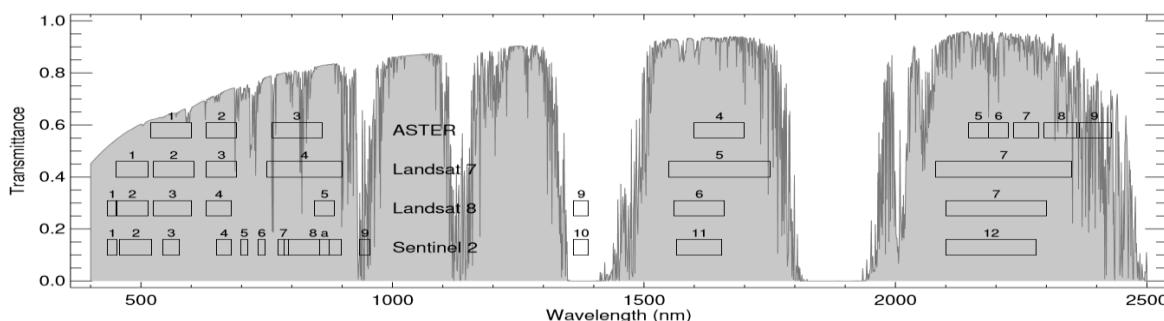
محدوده نقشه ۱/۵۰۰۰۰ زمین شناسی رابر به دلیل قرارگیری در کمرنگ ماگمایی ارومیه-دختر ناحیه‌ای شناخته شده جهت پتانسیل کانی‌سازی مس پورفیری است. در این تحقیق هدف شناسایی مناطق دگرسان آغشته به اکسید آهن با ترکیب تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲A و استر L1B است. پس از تصحیح باند پنج سنجنده استر، تصحیح FLAASH بر روی نه باند SWIR و VNIR این سنجنده انجام گرفت. روش میانگین بازتاب داخلی نسبی (IARR) بر روی پنج باند TIR این سنجنده و تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲A اعمال گردید. سپس به کمک روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی بر روی تصاویر استر مناطق دگرسان رُسی، فیلیک و پروپیلیتیک مشخص گردید. با انجام نسبت باندی  $\frac{b_4}{b_2}$  بر روی تصویر سنتینل-۲A مناطق دارای اکسید آهن بازسازی شدند. در مرحله بعد باندهای دو و چهار سنتینل-۲A با باندهای مرتبط با انواع دگرسانی سه گانه ترکیب و مناطق دگرسان آغشته به اکسید آهن مشخص شدند. در نهایت با انجام مشاهدات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی نتایج پردازش‌های انجام شده اعتبارسنجی گردید.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، Sentinel-2A، استر، آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی ترکیبی، رابر

## ۱- مقدمه

ماهواره سنجش از دور سنتینل-۲ در ژوئن ۲۰۱۵ توسط سازمان فضایی اتحادیه اروپا (ESA)<sup>۱</sup> طراحی و به فضا پرتاب شد. این ماهواره ضمن اینکه از توان تفکیک مکانی و طیفی خوبی برخوردار است، دسترسی رایگان به داده‌ها و اطلاعات آن نیز باعث شده است تا این ماهواره و داده‌های بدبست آمده از آن، از پتانسیل و قابلیت مناسبی در مطالعات سنجش از دور برخوردار باشد. سنتینل-۲ دارای ۱۳ باند است. عرض این نوع تصاویر ۲۹۰ کیلومتر می‌باشد. سنجنده استر نیز در ۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ توسط سازمان ملی هوافضای آمریکا (NASA) بر روی سکوی TERRA قرار گرفت. این سنجنده با سرمایه‌گذاری مشترک دولت ژاپن و آمریکا به فضا پرتاب گردید. این سنجنده دارای ۱۴ باند طیفی است و در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته است. عرض تصاویر سنجنده استر ۶۰ کیلومتر می‌باشد و در یک دوره ۱۶ روزه پوشنش کاملی از سطح زمین را تصویربرداری می‌کند. شکل (۱) مقایسه بین طیف‌های سنتینل-۲ و استر را نشان می‌دهد.

در محیط‌های دگرسانی گرمایی که مرتبط با کانسارهای مس پورفیری می‌باشند، کانی‌های مختلفی مانند موسکویت، کاثولینیت، کلریت و کلسیت حضور دارند که هر یک دارای ویژگی طیفی مختص خود می‌باشند. هوازدگی سطحی باعث گردیده که کانی‌هایی مانند ژاروسیت، هماتیت و گوتیت تشکیل شوند. داده‌های سنجنده‌های استر و سنتینل-۲ دارای قابلیت بارزسازی این کانی‌ها می‌باشند. هدف از انجام این تحقیق، بارزسازی مناطق دگرسان آغشته به اکسیدهای آهن با ترکیب تصاویر ماهواره‌ای استر و سنتینل-۲ در جنوب شرقی استان کرمان، منطقه رابر است. روش‌های مختلف پردازش تصاویر سنتینل-۲ جهت مطالعات اکتشافی و زمین‌شناسی در آثار پژوهشگران متعددی دیده می‌شود [۱، ۲ و ۳]. علیمحمدی و همکاران کاربرد روش‌های دورسنجی بر روی تصاویر استر را جهت اکتشاف کانسارهای مس پورفیری در منطقه درآلو-سرمشک مورد مقایسه قرار داده‌اند [۴]. رنجبر و همکاران با مقایسه داده‌های استر و ALI مناطق دگرسان شده در بخش شمال غربی کمان ماغمایی در کرمان را مورد بررسی قرار داده‌اند [۵]. کراس کانی‌های سطحی به خصوص اکسیدهای آهن را با به کار بردن طیف‌های تصویر بر روی سنجنده استر، تصاویر هوایی اوپریس و TERRA HSI مشخص کرده است [۶]. مارس و روان دگرسانی‌های مختلف در کمان ماغمایی زاگرس را روی داده‌های سنجنده استر و به کمک الگوریتم عملگرهای منطقی بارزسازی کرده اند [۷].



شکل ۱: مقایسه طیف‌های Sentinel-2، Landsat 7، ASTER و Landsat 8 [۱]

آنالیز مؤلفه اصلی یک روش آماری چند متغیره است که جهت تقلیل حجم داده‌ها استفاده می‌شود. از این روش جهت نقشه‌برداری برخی از کانی‌ها استفاده می‌شود. آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات بسیاری از محققین دیده شده است [۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱]. به منظور استخراج اطلاعات بیشتر از باندهای سنجنده‌های مختلف، بهتر است بصورت ترکیبی مورد بررسی قرار گیرند. کراستا و فیلهو با معرفی روشی که در آن انتخاب باندها بصورت انتخابی و بر اساس طیف کانی‌های مورد نظر صورت می‌گیرد، از روش آنالیز مؤلفه اصلی جهت نقشه‌برداری از

<sup>۱</sup> -European Space Agency

کانی‌های مختلف استفاده کرده‌اند [۸]. بر مبنای این روش بر اساس خصوصیات طیفی کانی‌ها، باندهای مناسب برای انجام این روش انتخاب می‌شوند.

## ۲- زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه بر روی کمربند آتشفسانی-رسوبی ارومیه-دختر که در استان کرمان با نام دهچ-ساردوئیه شناخته شده قرار گرفته است [۱۲]. نقشه زمین شناسی منطقه در سال ۱۹۷۲ توسط یک گروه زمین شناسی از کشور یوگسلاوی سابق به سفارش سازمان زمین شناسی ایران در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه گردیده و اطلاعات زمین شناسی از این نقشه استخراج گردیده است. شکل (۲)، نقشه ۱:۵۰۰۰۰ زمین شناسی منطقه را نشان می‌دهد که از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بافت اقتباس شده است.

مرتفع‌ترین نقطه این منطقه، شاه کوه در قسمت شمال غربی نقشه با ارتفاع ۴۳۷۶ متر است. از رودخانه‌های اصلی می‌توان به رودخانه‌های رابر و رودبر در قسمت مرکزی منطقه اشاره کرد. منطقه مورد مطالعه به طور خلاصه دارای پنج واحد زمین شناسی است که عبارتند از: ۱-سنگ‌های مربوط به دوران کواترنری که در نیمه جنوبی بطور فراوانی یافت می‌شوند؛ ۲-سنگ‌های آتشفسانی دوران نفوذن که بخش کمی از واحدهای زمین شناسی شمال غربی منطقه و بخش کمتری در نیمه جنوبی منطقه را دارا می‌باشند؛ ۳-رسوبات الیگوسن-میوسن که بخش عمده واحدهای رسوبی نیمه جنوبی منطقه را شامل می‌شوند؛ ۴-توده‌های نفوذی با سن میوسن و ۵-سنگ‌های آتشفسانی ائوسن که بیشترین واحدهای زمین شناسی منطقه را دارا می‌باشند؛ این سنگ‌ها در مناطق مرکزی بیشتر یافت شده و عمدتاً در اطراف توده‌های نفوذی یافت می‌شوند. سنگ‌های گرانیت‌وئیدی با سن میوسن عمدتاً در قسمت‌های مرکزی و شمال منطقه دیده می‌شود و تشکیل دهنده اصلی شاه کوه (کوه لاله زار) و بعضی قسمت‌های لاله‌زار می‌باشند. این توده‌های نفوذی در برخی مناطق دگرسان شده‌اند و در برخی مناطق با کانی سازی همراه می‌باشند. بالاترین قسمت شاه کوه عمدتاً از کنگلومرا و بخش پایینی واحد غربی از کنگلومرا و توف تشکیل شده است. در قسمت‌های شیب دار غرب شاه کوه رخنمون‌هایی از سکانس‌های جوان‌تر از ائوسن وجود دارد که به احتمال زیاد با واحدهای مذکور دگرشیبی دارند. در قسمت جنوبی این کوه دگرشیبی‌ها با لایه‌هایی از کنگلومرا پوشیده شده که دانه بندی آن به سمت بالا، کنگلومرای قرمز و ماسه سنگ می‌باشد. این لایه شامل چندین افق آهکی می‌باشد که این توالی در میوسن میانی رخ داده است [۱۲، ۱۳ و ۱۴]. کانسارهای منطقه عمدتاً پوروفیری (پی نگین، لاله زار ۳ و ۴) و رگه ای (سرپ و روی قنات مروان) می‌باشند که در امتداد کانسارهای مختلف موجود بر روی کمربند آتشفسانی-رسوبی ارومیه-دختر به وجود آمده‌اند [۱۲].

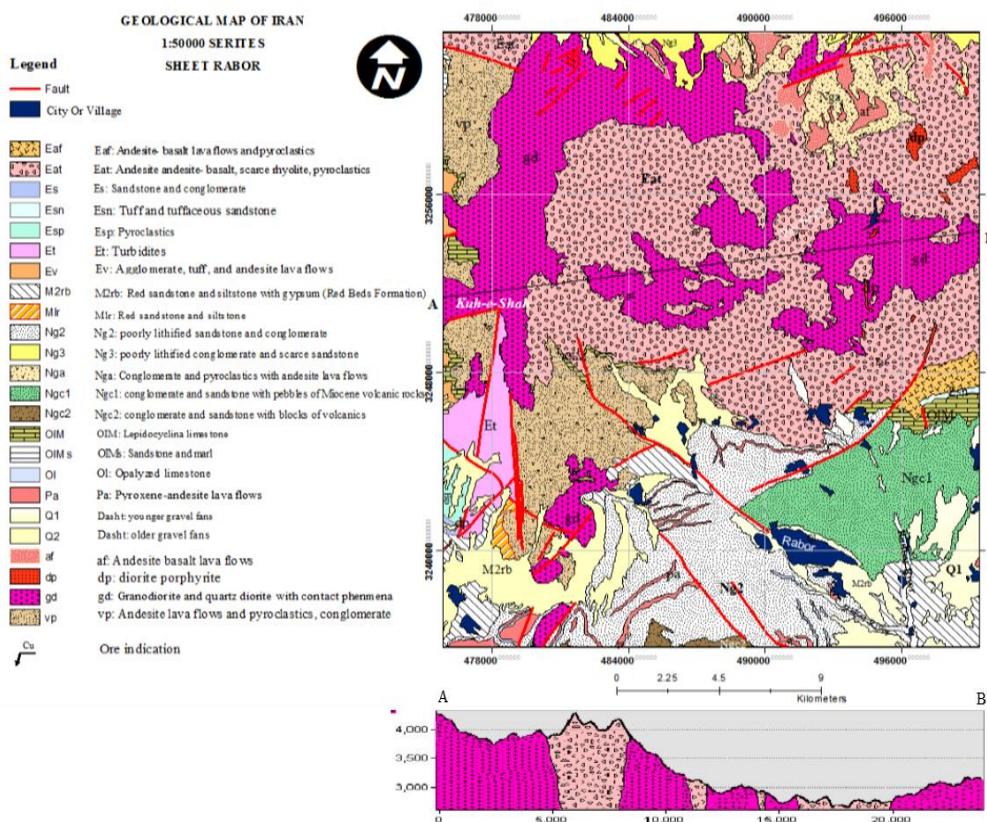
## ۳- مواد و روش‌ها

قبل از پردازش تصاویر استر و سنتینل-۲، پیش‌پردازش‌هایی بر روی این تصاویر اعمال شد. این تصاویر قبل از توزیع کننده‌ی داده‌ها زمین مرجع شده بودند. بر اساس گفته‌ی مارس و روان باند ۵ استر مقداری پایین‌تر از آن چیزی که باستی ثبت کند نشان می‌دهد. لذا باستی بر این اساس مقدار متوسط ۷/۹٪ به این باند اضافه گردد [۷]. بعد از تصحیح باند ۵، تصحیحات اتمسفری اعمال شد. جهت پردازش تصاویر سنتینل-۲ و پنج باند<sup>۱</sup> TIR استر از تصحیح IARR و بر روی باندهای<sup>۲</sup> SWIR و<sup>۳</sup> VNIR تصویر استر، تصحیح اتمسفری FLAASH انجام شد.

<sup>1</sup>-Thermal Infrared

<sup>2</sup>-Short- Wave Infrared

<sup>3</sup>-Visible and near -infrared



شکل ۲: نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ رابر (اقتباس از [۱۳]).

### ۱-۳- بارزسازی دگرسانی‌های منطقه

جهت بارزسازی دگرسانی‌ها به کمک تصویر استر L1B از روش‌های متعددی از جمله نسبت‌های باندی مرکب، عملگرهای منطقی، آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی استفاده شد. نسبت باندی ۱۱/۱۲ تصویر سنتینل-۲-آ نیز جهت مشخص کردن دگرسانی‌های منطقه (به همراه پوشش گیاهی) انجام شد. در این تحقیق روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی جهت به کارگیری سه نوع دگرسانی رُسی، فیلیک و پروپیلیتیک به کار گرفته شد. طول موج‌های با بیشترین بازتاب برای کانی‌های هر یک از سه نوع دگرسانی رُسی، فیلیک و پروپیلیتیک به ترتیب برابر (۱/۶۵۶)، (۱/۶۵۶، ۲/۱۶۷ و ۲/۲۶۲) و (۰/۴۰۰ و ۲/۲۶۲) نانومتر و کمترین بازتاب برای هر یک از دگرسانی‌های ذکر شده به ترتیب برابر (۲/۱۶۷ و ۲/۲۰۹)، (۲/۲۰۹ و ۲/۳۳۶) و (۲/۳۳۶) نانومتر می‌باشد [۱۱]. بنابراین برای بارزسازی این نوع دگرسانی‌ها با توجه به میزان شدت بازتاب به ترتیب از باندھای انتخابی ۶-۵-۴ (دگرسانی رُسی)، ۷-۶-۴ (دگرسانی فیلیک) و ۹-۸-۷ (دگرسانی پروپیلیتیک) استفاده شد. نتایج حاصل از این روش در جدول (۱) نشان داده شده است. انتخاب PC مناسب که نشان دهنده‌ی هر یک از دگرسانی‌های سه گانه بالا باشد، با توجه به مختلف‌العلامه بودن و اختلاف زیاد در مقادیر باندھای بازتاب بالا و بازتاب پایین (جذب) انتخاب می‌شود.

بدین ترتیب سه رابطه (۱، ۲ و ۳) نشان دهنده‌ی دگرسانی‌های سه گانه می‌باشد. نقشه‌ی حاصل از هر سه معادله در شکل (۲) نشان داده شده است که نشان دهنده‌ی مناطق با دگرسانی رُسی، فیلیک و پروپیلیتیک در منطقه‌ی رابر است.

جدول ۱: نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی جهت بارزسازی مناطق دگرسان؛ الف: رُسی. ب: فیلیک. ج: پروپیلیتیک  
نوع دگرسانی

رُسی				فیلیک			
EIGENVECTOR	Band4	Band	Band6	EIGENVECTOR	Band4	Band6	Band7
PC1	0.70	0.49	0.52	PC1	0.68	0.51	0.53
PC2	0.71	-0.38	-0.59	PC2	0.73	-0.51	-0.44
PC3	0.09	-0.78	0.61	PC3	-0.05	-0.72	0.69

پروپیلیتیک			
EIGENVECTOR	Band7	Band8	Band9
PC1	-0.63	-0.58	-0.51
PC2	-0.66	0.07	0.74
PC3	0.39	-0.81	0.43

$$PC2 = 0.71B4 - 0.38B5 - 0.59B6 \Rightarrow \text{دگرسانی رُسی} \quad (1)$$

$$PC2 = 0.73B4 - 0.51B6 - 0.44B7 \Rightarrow \text{دگرسانی فیلیک} \quad (2)$$

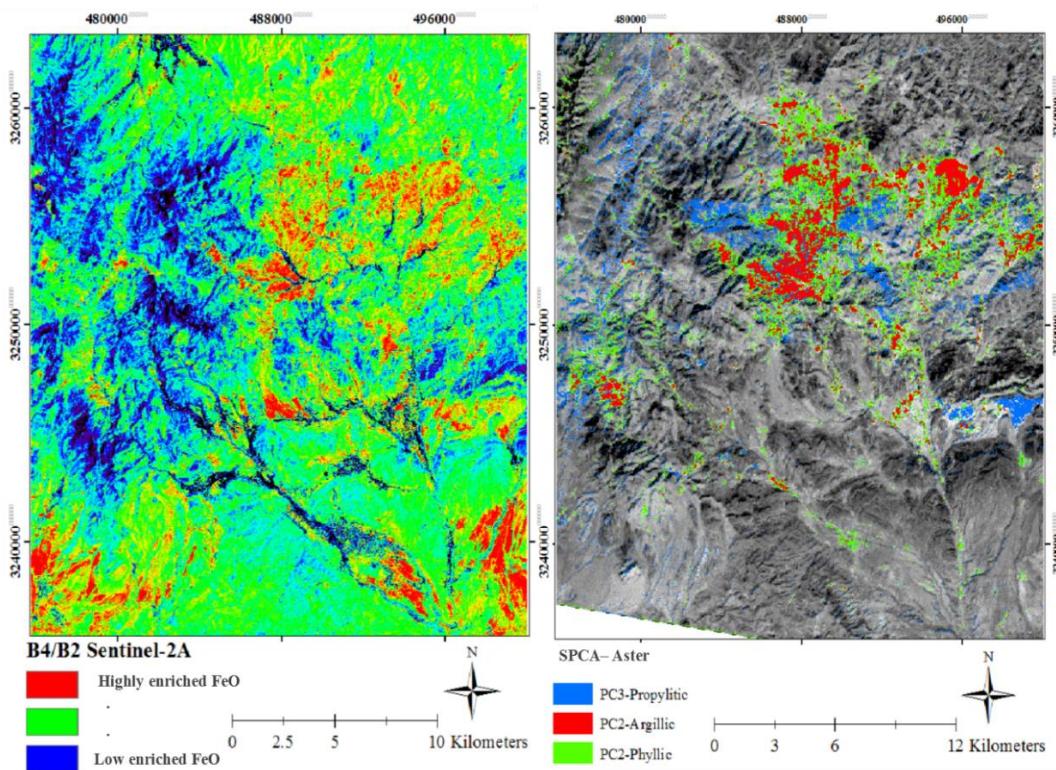
$$PC3 = 0.39B7 - 0.81B8 + 0.43B9 \Rightarrow \text{دگرسانی پروپیلیتیک} \quad (3)$$

### ۲-۳- بارزسازی اکسیدهای آهن

جهت بارزسازی اکسیدهای آهن می‌توان از تصاویر استر و سنتینل-۲ به ترتیب با قدرت تفکیک مکانی برابر با ۱۵ و ۱۰ متر، استفاده کرد. بیشترین شدت بازتاب اکسیدهای آهن در محدوده مادون قرمز نزدیک و طول موج  $0.665 \text{ nm}$  است و کمترین بازتاب در طول موج  $0.443 \text{ nm}$ ، در محدوده رنگ آبی است. تصاویر استر به دلیل دارا نبودن طول موج آبی، اکسیدهای آهن را به خوبی سایر تصاویر ماهواره‌ای که این طول موج را دارا می‌باشند؛ نمی‌توانند نشان بدهند. در نتیجه در این تحقیق از نسبت باندی  $\frac{b_4}{b_2}$  که نشان دهنده میزان بیشترین بازتاب نسبت به کمترین بازتاب است؛ جهت بارزسازی اکسیدهای آهن از تصویر سنتینل-۲ استفاده شد. این نسبت اکسیدهای آهن را با وضوحیت بیشتری نشان می‌دهد. در شکل (۳) نقشه اکسیدهای آهن که حاصل پردازش تصویر سنتینل-۲ است؛ نشان داده شده است.

### ۳-۳- آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی ترکیبی

در این تحقیق جهت جدایش مناطق دگرسان آغشته به اکسید آهن از ترکیب باندهای انتخابی تصاویر سنتینل-۲ و استر استفاده شد. بطوریکه مطابق جدول (۲) باندهای دو و چهار سنتینل-۲ با طول موج‌های به ترتیب  $0.490$  و  $0.665$  نانومتر با هریک از باندهای مرتبط با دگرسانی‌های سه گانه رُسی، فیلیک و پروپیلیتیک ترکیب شد.



شکل ۳: اکسیدهای آهن در تصویر سنتینل-۲.

شکل ۲: بارزسازی مناطق دگرسان به روشناسی<sup>۱</sup>.

جدول ۲: نتایج ترکیب باندهای انتخابی سنتینل-۲ و استر، جهت بارزسازی مناطق دگرسان آغشته به اکسید آهن.

نوع دگرسانی

الف- رُسی				ب- فیلیک					
	سنتینل-۲		استر		سنتینل-۲		استر		
EIGENVECTOR	Band2	Band4	Band4	Band5	EIGENVECTOR	Band2	Band4	Band6	Band7
PC1	-0.08	-0.13	-0.77	-0.62	PC1	0.10	0.16	0.70	0.69
PC2	0.58	0.80	-0.14	-0.07	PC2	-0.57	-0.80	0.13	0.13
PC3	0.22	-0.20	-0.60	0.75	PC3	-0.39	0.27	-0.62	0.62
PC4	0.78	-0.55	0.19	-0.22	PC4	-0.71	0.51	0.33	-0.34

ج- پروپیلیتیک				
	سنتینل-۲		استر	
EIGENVECTOR	Band2	Band4	Band8	Band9
PC1	-0.09	-0.14	-0.73	-0.65
PC2	0.57	0.80	-0.10	-0.15
PC3	0.82	-0.58	0.01	0.00
PC4	0.03	0.03	-0.67	0.74

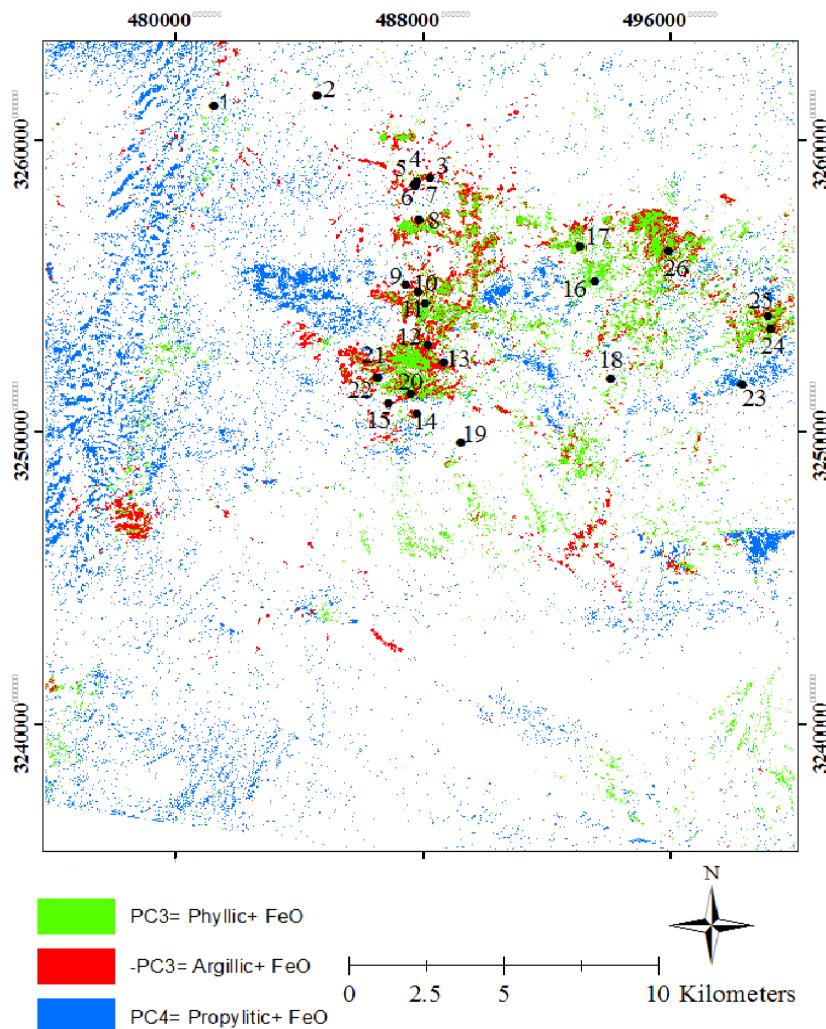
بدین ترتیب روابط زیر نشان دهنده‌ی هر یک از دگرسانی‌ها به همراه اکسیدهای آهن است.

$$-PC3 = -0/22B2_{S2-A} + 0/20B4_{S2-A} + 0/60B4_{Aster} - 0/75B5_{Aster} \Rightarrow FeO + \text{Dگرسانی رُسی}^4$$

$$PC3 = -0/39B2_{S2-A} + 0/27B4_{S2-A} - 0/62B6_{Aster} + 0/62B7_{Aster} \Rightarrow FeO + \text{Dگرسانی فیلیک}^5$$

<sup>1</sup> - Selective Principal Component Analysis

رابطه (۶) دگرسانی پروپیلیتیک  $\Rightarrow PC4 = 0/03B2_{S2-A} + 0/03B4_{S2-A} - 0/67B8_{Aster} FeO + 0/74B9_{Aster}$



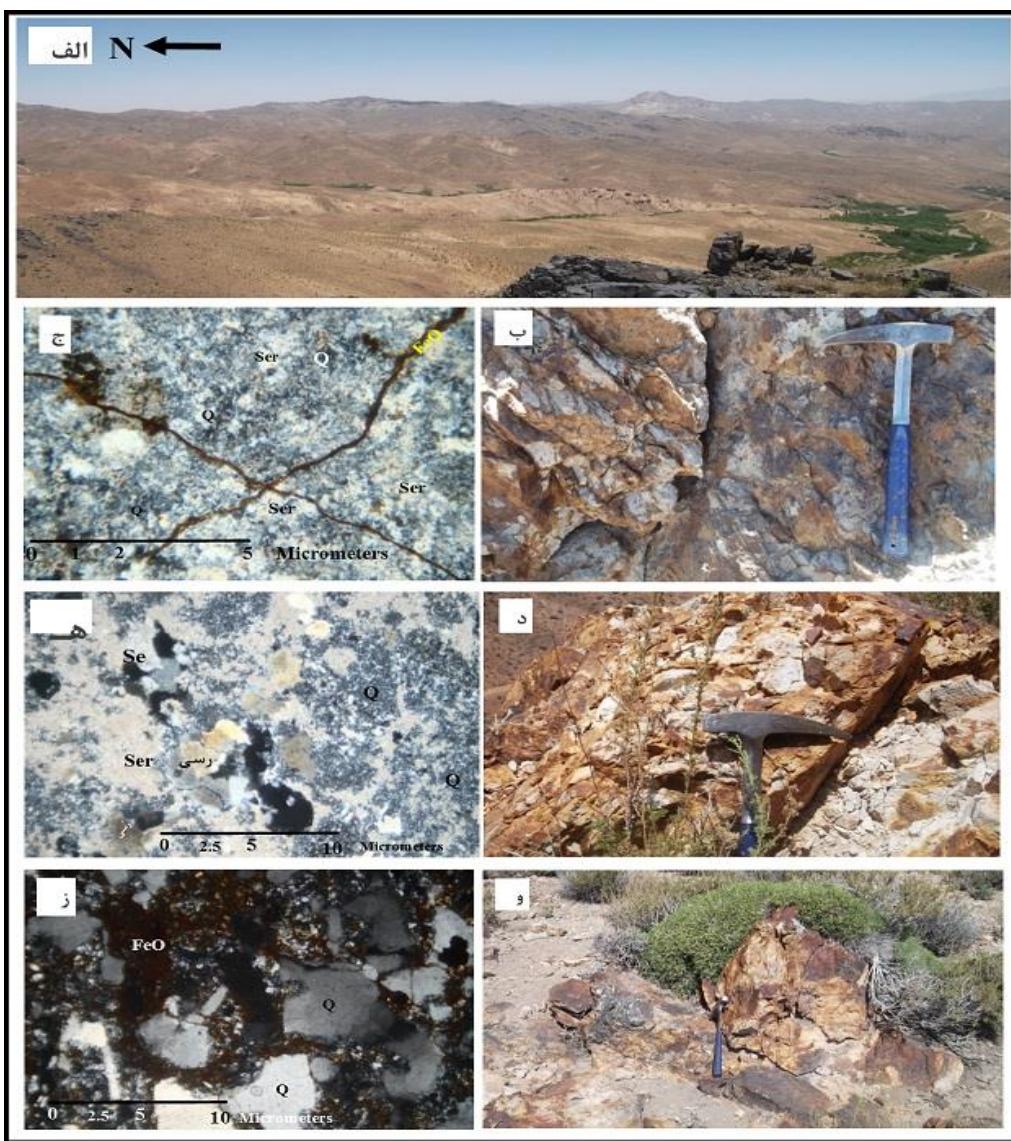
شکل ۴: نقشه مناطق دگرسان آغشته به اکسید آهن.

#### ۴- مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

پس از اینکه تصاویر ماهواره‌ای مورد پردازش قرار گرفتند، مناطق دارای هر یک از دگرسانی‌های رُسی، فیلیک و پروپیلیتیک، اکسیدهای آهن و همچنین مناطق بی‌亨جار نشان دهنده‌ی هر یک از داده‌های رادیومتری، مغناطیس و  $K_d$  مشخص شدند. در نهایت جهت اعتبارسنجی نتایج حاصل از پردازش تصاویر استر و سنتینل-۲، ۱۲، ۲۷ نقطه عمدتاً از مناطق دگرسان آغشته به اکسید آهن، به وسیله GPS برای کنترل زمینی انتخاب و نمونه برداری صورت گرفت. موقعیت این نمونه‌ها در شکل (۴) نشان داده شده است. در شکل (۵-الف) نمایی از دگرسانی‌های منطقه (به رنگ روشن) دیده می‌شود. این تصویر از محل نمونه شماره ۱۵ گرفته شده است (دید به سمت شرق).

پس از برداشت نمونه‌ها جهت بررسی بیشتر و مطالعه دقیق کانی شناسی، از همه نمونه‌ها مقطع نازک تهیه شد. بنابراین به تشریح نتایج حاصل از مطالعه نمونه‌ها پرداخته می‌شود. شکل (۵-ب) نمایی نزدیک از دگرسانی‌ها و اکسیدهای آهن در محل نمونه شماره ۲۳ و شکل (۵-ج) تصویر حاصل از مطالعه مقطع میکروسکوپی این نمونه را نشان می‌دهد. در این نمونه اکسیدهای آهن بطور واضح و رگچه‌های متقاطع مشاهده می‌شوند. زمینه از کوارتز و سریسیت تشکیل شده است که نشان دهنده‌ی دگرسانی فیلیک است. شکل (۵-د) نمایی نزدیک از محل نمونه

شماره ۲۰ و شکل (۵-ه) مقطع میکروسکوپی این نمونه را نشان می‌دهد. در این تصویر حالت سریسیتی شدن و رُسی شدن مشاهده می‌شود که نشان دهنده‌ی دگرسانی‌های فلیکی و رُسی است. زمینه از کوارتز دانه ریز تشکیل شده است. شکل (۵-و) نمای نزدیک از محل نمونه شماره شش و شکل (۵-ز) تصویر مقطع میکروسکوپی این نمونه را نشان می‌دهد. اکسیدهای آهن و کوارتز به خوبی در تصویر مشخص‌اند.



شکل ۵: مشاهدات صحرایی و مطالعه مقاطع نازک؛ (الف)- نمایی از دگرسانی‌های منطقه چهرن، تصویر از نقطه ۱۵ گرفته شده است (دید به سمت شرق). (ب)- نمایی نزدیک از دگرسانی‌ها و اکسیدهای آهن در نقطه ۲۳. (ج)- مقطع میکروسکوپی نمونه شماره ۲۳، اکسیدهای آهن بطور واضح و حالت ضربدری مشاهده می‌شوند. زمینه هم از کوارتز و سریسیت تشکیل شده است. (د) و (ه)- نمایی نزدیک و مقطع میکروسکوپی نمونه شماره ۲۰. در مقطع میکروسکوپی این نمونه حالت سریسیتی شدن و رُسی شدن مشاهده می‌شود. زمینه از کوارتز تشکیل شده است. (و) و (ز) نمای نزدیک و میکروسکوپی نمونه شماره شش؛ اکسیدهای آهن و کوارتز به خوبی در تصویر مشخص‌اند.

## ۵- نتیجه گیری

جهت تفکیک زون‌های دگرسان شده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی بر روی تصاویر استر و جهت بارزسازی اکسیدهای آهن، نسبت باندی  $\frac{b_4}{b_2}$  سنتینل ۱۲ به کار گرفته شد. مناطق دگرسان آغشته به اکسید آهن از روش

آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی ترکیبی (ترکیب باندهای استر و سنتینل-۲) مشخص شدند. نقشه‌های حاصل از هر یک از این روش‌ها، مناطق هدف را به طور واضح مشخص می‌کند. در نهایت مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، نتایج روش‌های پردازش دورسنجی جهت تفکیک مناطق دگرسان و اکسید آهن را مورد تأیید قرار داد و نشان داد که می‌توان از این روش‌ها در سایر مناطق مشابه استفاده کرد.

## مراجع

- [1] H. van der Werff, and F. van der Meer, “Sentinel-2A MSI and Landsat 8 OLI Provide Data Continuity for Geological Remote Sensing”, *Remote Sensing*, 8, 883, 2016.
- [2] L. Yan, and D. Roy, and H. Zhang, and J. Li, and H. Huang, “An automated approach for sub-pixel registration of Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) and Sentinel-2 Multi Spectral Instrument (MSI) imagery”, *Remote Sensing*, 8, 520, 2016.
- [3] O. Hagolle, and M. Huc, and D.V. Pascual, and G. Dedieu, “A multi-temporal method for cloud detection, applied to FORMOSAT-2, VENµS, LANDSAT and SENTINEL-2 images”. *Remote Sensing of Environment*, 114(8), pp.1747-1755, 2010.
- [4] M. Alimohammadi, and S. Alirezaei, DJ. Kontak, “Application of ASTER data for exploration of porphyry copper deposits: A case study of Daraloo–Sarmeshk area, southern part of the Kerman copper belt, Iran”, *Ore Geology Reviews*, 70, 290-304, 2015 Oct 31.
- [5] M. Honarmand, and H. Ranjbar, and J. Shahabpour, “Combined use of ASTER and ALI data for hydrothermal alteration mapping in the northwestern part of the Kerman magmatic arc, Iran”, *International journal of remote sensing*, 34(6), 2023-2046, 2013.
- [6] F. A. Kruse, “Mapping surface mineralogy using imaging spectrometry”, *Geomorphology*, 137(1), 41-56, 2012.
- [7] J. C. Mars, & L. C. Rowan, “Regional mapping of phyllitic-and argillic-altered rocks in the Zagros magmatic arc, Iran, using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data and logical operator algorithms”, *Geosphere*, 2(3), 161-186, 2006.
- [8] A. P. Crosta, and C. R. De Souza Filho, and F. Azevedo, and C. Brodie, “Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis”, *International journal of Remote sensing*, 24(21), 4233-4244, 2003.
- [9] H. Ranjbar, and H. Shahriari, and M. Honarmand, “Comparison of ASTER and ETM+ data for exploration of porphyry copper mineralization: A case study of Sar Cheshmeh areas, Kerman, Iran”, In Map Asia Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 2003.
- [10] M. H. Tangestani, and N. Mazhari, and B. Agar, “ Mapping the porphyry copper alteration zones at the meiduk area, SE Iran, using the advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data”, In *Remote Sensing* (pp. 59830S-59830S), International Society for Optics and Photonics, 2005, October.
- [11] H. Shahriari, and H. Ranjbar, and M. Honarmand, “Image segmentation for hydrothermal alteration mapping using PCA and concentration-area fractal model”, *Natural Resources Research*, 22(3), 191-206, 2013 Sep 1.
- [12] M. D. Dimitrijević, “Geology of Kerman region”, Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, 1973.
- [13] A. Srdic, and M. N. Dimitrijevic, and S. Cvetic, and M. D. Dimitrijevic, “Geological Map of Baft. 1/100000 Series, Sheet 7348”, Geological survey of Iran, 1972.
- [۱۴] ف. معصومی، ح. رنجبر، ”نقشه برداری مناطق دگرسان شده با استفاده از تصاویر سنجنده های استر و ETM+ در نیمه شمالی نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰،۰۰۰ ۱/۱۰۰،۰۰۰ بافت“، علوم زمین، ۷۹، صفحات ۱۲۸-۱۲۱، ۱۳۸۹.