

نقشه برداری دگرسانی‌های گرمابی با استفاده از روشهای تحلیل طیفی داده‌های ابرطیفی PRISMA در بخش شمالی کمربند مس کرمان

مینا ابولی\*، مهدی هنرمند، رضا حسن‌زاده، هادی شهریار، مهدیه حسینجانی‌زاده.

\*aboli.m614@gmail.com

مقدمه

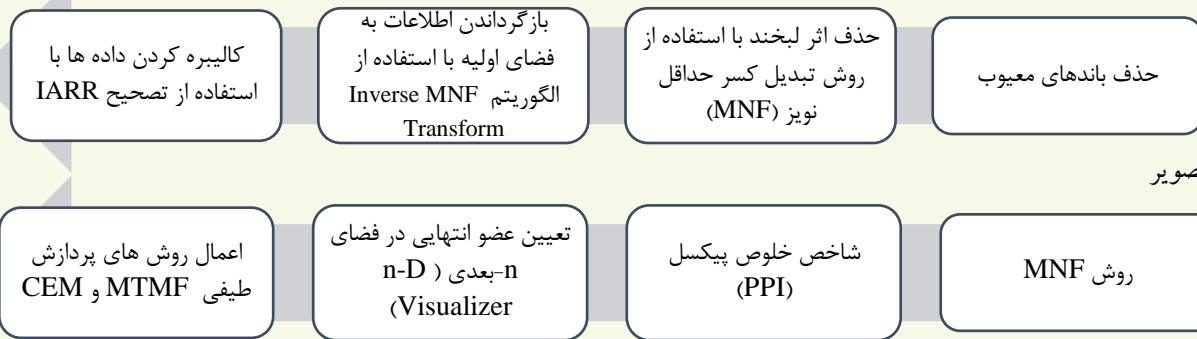
امروزه در بسیاری از نقاط جهان سنجش از دور به عنوان ابزاری نوین با پتانسیل بالا جهت شناخت نواحی دگرسان شده مربوط به توده‌های نفوذی و اکتشاف کانسارها به خصوص کانسارهای مس پورفیری استفاده می‌گردد. به دلیل اینکه دگرسانی گرمابی از اصلی‌ترین شواهد اکتشافی کانسارهای مس پورفیری می‌باشد، شناسایی کانی‌های خاص هر کدام از دگرسانی‌ها به واسطه ویژگی‌های طیفی خاص و سیمای جذب طیفی شاخصشان در محدوده مرئی تا فروسرخ حرارتی طیف الکترومغناطیس به وسیله سنجنده‌های چندطیفی و ابرطیفی از روش‌های سریع و متداول اکتشاف آنها می‌باشد (مهدی هنرمند، ۱۳۹۰). در سال‌های اخیر داده‌های ماهواره‌ای ابرطیفی پریسما (Prisma) که توسط آژانس فضایی ایتالیا در اختیار عموم قرار گرفته‌اند، توجه محققین زیادی در حوزه سنجش از دور را به خود جلب نموده‌اند. با توجه به مطالعات صورت گرفته، در این مطالعه به بررسی کاربرد دو روش پردازش طیفی فیلترگذاری تطبیقی (Matched Filtering یا MF) و ناآمیختگی طیفی خطی (Linear Spectral Unmixing یا LSU) در شناسایی و بارزسازی دگرسانی‌های موجود در منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پریسما پرداخته شده است.

محدوده مورد مطالعه در شمال شهرستان شهرباک قرار دارد و بر اساس تقسیم بندی زمین‌شناسی ساختاری ایران در کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر واقع شده است. این محدوده در شمال کمربند مس کرمان قرار دارد که از شمال غرب استان کرمان تا جنوب شرق آن امتداد یافته است و بیشترین حجم ماگماتیسم و کانه‌زایی مس کمربند ارومیه-دختر را به خود اختصاص می‌دهد. بیشتر سنگ‌های موجود در این کمربند ترکیبی حدواسط تا بازی دارند که در آن بیش از ۵۰ کانسار معدنی پورفیری و رگه‌های شناسایی شده است. سنگ‌های آتشفشانی با سن ائوسن در منطقه مورد بررسی از نوع تراکی آندزیت، تراکی‌بازالت، آندزیت، آندزیت-بازالت تا داسیت پورفیری می‌باشند. توده‌های نفوذی با سن میوسن میانی تا بالایی سنگ‌های آتشفشانی را قطع نموده‌اند و علاوه بر توسعه هاله‌های دگرسانی از نوع آرژیلیک، فیلیک و پروپیلیتیک در منطقه موجب ظهور کانسارهای شناخته شده‌ای همچون میدوک، آبدر و غیره شده‌اند (زلفی و احمدی‌پور، ۱۳۹۳; Alimohammadi et al., 2015).

داده‌ها و روش‌ها

ماهواره تصویربرداری ابرطیفی پریسما توسط آژانس فضایی ایتالیا (ASI) در تاریخ ۲۲ مارس ۲۰۱۹ به فضا پرتاب شد (Loizzo et al., 2019). هر داده ابرطیفی پریسما دارای ۶۶ باند در محدوده طیفی مرئی تا مادون قرمز نزدیک (۰.۴ تا ۱.۰۱۰ میکرومتر) و ۱۷۴ باند در محدوده فروسرخ موج کوتاه (۰.۹۲۰ تا ۲.۵۰۵ میکرومتر) می‌باشد. این ماهواره علاوه بر باندهای مرئی، فروسرخ نزدیک و فروسرخ موج کوتاه، دارای باندهای پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۵ متر (۰.۴ تا ۰.۷ میکرومتر) نیز می‌باشد (Bedini and Chen, 2020). در این مطالعه از داده‌های سطح پردازش L2D پریسما (به تاریخ تصویربرداری ۲۸/۰۹/۲۰۲۱ و ۰۱/۱۲/۲۰۲۱) استفاده شده است که طبق اعلام آژانس فضایی ایتالیا دارای تصحیحات اتمسفری می‌باشند.

پیش پردازش تصویر

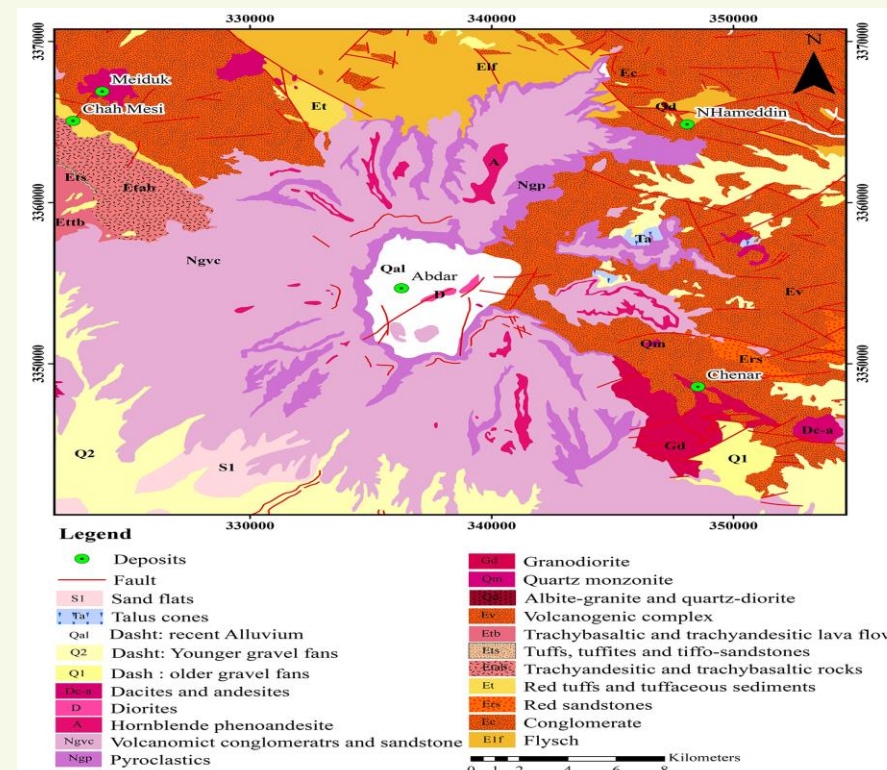


پردازش تصویر

بحث و نتیجه گیری

روش MF و LSU با استفاده از ۶ عضو انتهایی شامل طیف تصویر از کانی‌های مرتبط با دگرسانی فیلیک (مسکوویت و ایلیت)، آرژیلیک (کائولینیت و آلونیت) و پروپیلیتیک (کلریت و اپیدوت) صورت پذیرفت. در روش MF تصاویر خروجی به صورت تصاویر خاکستری با ارزش صفر تا یک می‌باشند که یک بیانگر انطباق کامل و به رنگ روشن دیده می‌شود. با توجه به اینکه خروجی‌های کمتر از ۰.۳۵ دارای دقت کمتری بودند از آنها صرف نظر شده و خروجی‌های بالاتر از ۰.۳۵ برای مشخص کردن فراوانی هر عضو انتهایی به سه رده ۰.۳۵ تا ۰.۵۵، ۰.۵۵ تا ۰.۷۵ و ۰.۷۵ تا ۱ تقسیم شدند. بعد از انتخاب نواحی مورد نظر به هر کدام از رده‌ها رنگ خاصی منسوب شد و در نهایت نقاط بارز شده روی تصویر پریسما نمایش داده شدند (شکل ۲ الف). در این روش دگرسانی شاخص فیلیک که توسط طیف کانی‌های مسکوویت و ایلیت معرفی شده، به خوبی در محدوده کانسار آبدر و میدوک با مقدار فراوانی بالای ۰.۷۵ منطبق بر واحدهای سنگی گرانودیوریت و دیوریت بارز شده است. دگرسانی آرژیلیک (کانی‌های کائولینیت و آلونیت) در هر دو کانسار شاخص محدوده به صورت متحدالمرکز در اطراف دگرسانی فیلیک با مقدار فراوانی ۰.۳۵-۰.۷۵ در حاشیه توده نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی بارز شده است. در قسمت شمال محدوده کانسار آبدر، دگرسانی پروپیلیتیک بوسیله کانی اپیدوت با فراوانی ۰.۳۵ تا بالای ۰.۷۵ بارز شده است، که منطبق بر واحدهای فلیشی محدوده بوده و تشابه طیفی این سنگ‌ها با کانی اپیدوت و کلریت موجب بارزسازی گسترده این دگرسانی در این واحد شده است.

در شکل ۲ (ب) نیز نتیجه نهایی روش طبقه‌بندی LSU در منطقه مورد مطالعه بر اساس نوع کانی‌های شاخص دگرسانی‌های گرمابی، نشان داده شده است. در این روش نتایج حاصل از مخلوط طیفی به صورت تصاویر در مقیاس خاکستری به ازای هر عضو انتهایی نمایش داده می‌شوند. نتایج حاصل از این روش به شدت به عضوهای انتهایی ورودی وابسته بوده و تغییر در آنها به شدت در نتیجه تأثیر گذار می‌باشد.

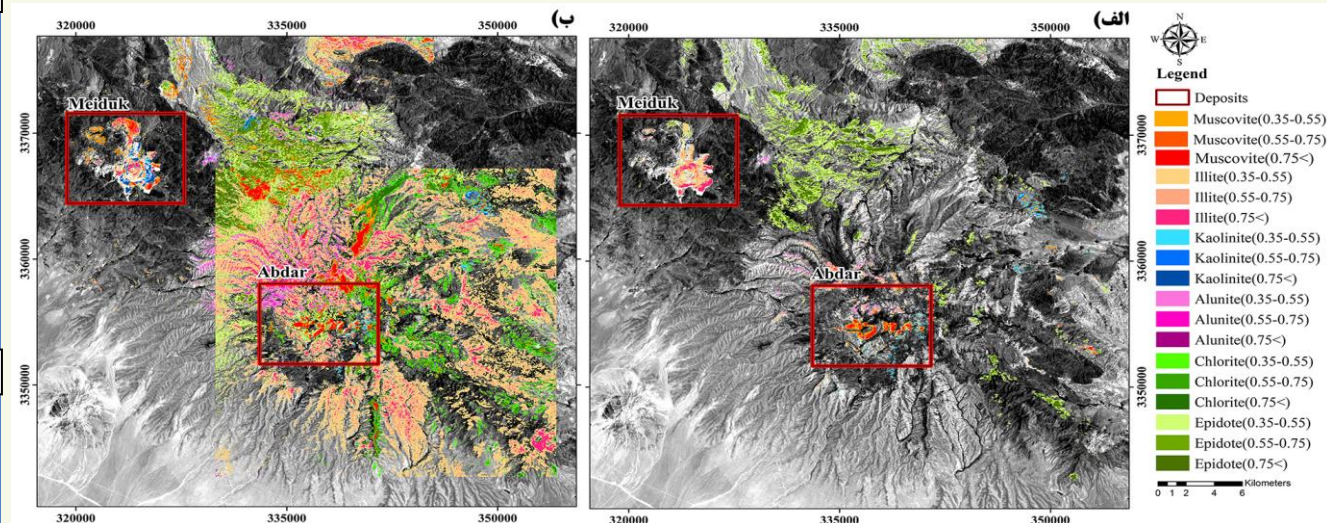


شکل ۱) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه با جانمایی کانسارهای مس شاخص محدوده (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ شهرباک)

در این طبقه‌بندی مناطق بارزسازی شده تاحدودی مشابه با روش MF است و با مناطق دگرسانی موجود در منطقه سازگاری دارد. با این حال گسترش زیادتر مناطق بارز شده نسبت به روش MF بیشتر می‌باشد. در این طبقه‌بندی علاوه بر بارز شدن مناطق با پتانسیل بالای کانی‌زایی مانند میدوک و آبدر، نواحی با پتانسیل دیگر نیز با فراوانی بالاتری نسبت به طبقه‌بندی MF بارز شده‌اند. در کانسار آبدر و قسمت شمال آن، دگرسانی فیلیک با مقدار فراوانی بیشتری بارز شده است و این در حالی است که حداکثر فراوانی این دگرسانی در روش MF فقط مربوط به بخش مرکزی خود کانسار آبدر می‌باشد. مقدار فراوانی دگرسانی آرژیلیک و پروپلیتیک نیز در کانسار آبدر افزایش یافته و این در حالی است که در روش MF دگرسانی پروپلیتیک مشاهده نشده است.

در کانسار آبدر و قسمت شمال آن، دگرسانی فیلیک با مقدار فراوانی بیشتری بارز شده است و این در حالی است که حداکثر فراوانی این دگرسانی در روش MF فقط مربوط به بخش مرکزی خود کانسار آبدر می‌باشد. مقدار فراوانی دگرسانی آرژیلیک و پروپلیتیک نیز در کانسار آبدر افزایش یافته و این در حالی است که در روش MF دگرسانی پروپلیتیک مشاهده نشده است. در محدوده میدوک نیز دگرسانی فیلیک و به صورت شعاعی در اطراف آن دگرسانی آرژیلیک با مقدار فراوانی متغییر ۰.۳۵ تا بالای ۰.۷۵ مشاهده می‌شود. به طور کلی در این روش کانی‌های کلریت و اپیدوت مربوط به دگرسانی پروپلیتیک و کانی ایلیت مربوط به دگرسانی فیلیک در تمام محدوده مطالعاتی به طور گسترده بارز شده است و میزان مقادیر با فراوانی بالای آن نیز در محدوده نسبت به طبقه‌بندی MF بیشتر شده است. طبق این مشاهدات می‌توان دریافت که روش LSU نسبت به روش MF محدوده‌های بیشتر با فراوانی بیشتری را بارز کرده است.

شکل ۲) الف) تصویر طبقه‌بندی نهایی کانی‌های دگرسانی منطقه مورد مطالعه با استفاده از اعمال الگوریتم MF روی داده‌های پریسما؛ ب) تصویر طبقه بندی نهایی کانی‌های دگرسانی منطقه مورد مطالعه با استفاده از اعمال الگوریتم LSU روی داده‌های پریسما.

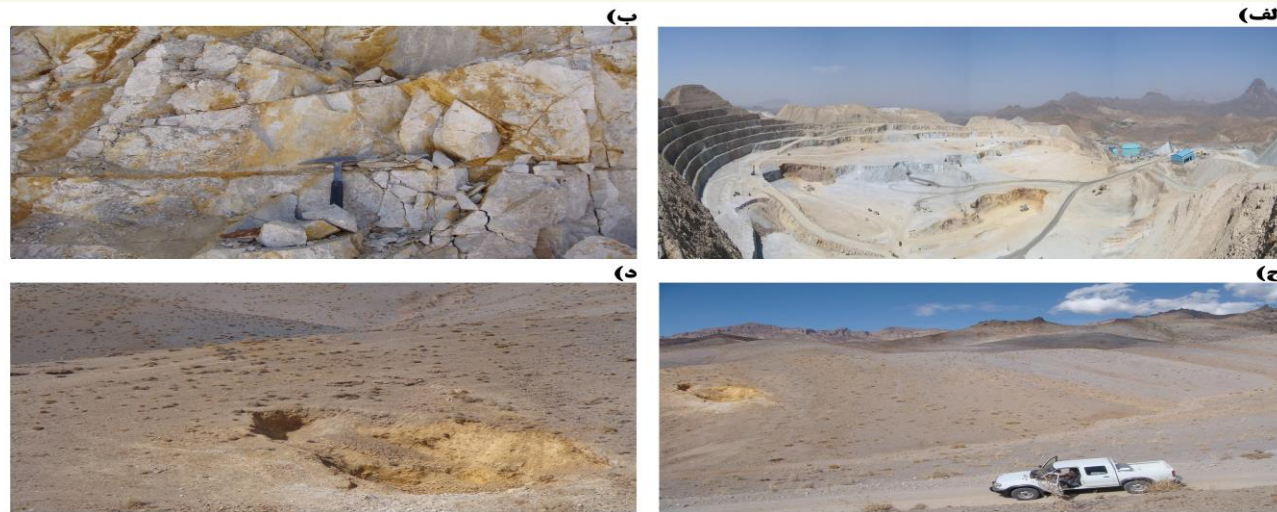


در این مطالعه، نتایج حاصل از الگوریتم‌های پردازش تصویر با مشاهدات صحرایی و مطالعات پیشین کنترل شد. همچنین به منظور ارزیابی کمی نتایج از روش ماتریس آشفتگی در نرم افزار ENVI 5.6 استفاده شد. در این روش با استفاده از یکسری پیکسل‌های نمونه که ماهیت مشخص و معلومی دارند مقایسه نتایج صورت می‌گیرد. پیکسل‌های نمونه با استفاده از مطالعات طیفی و صحرایی انتخاب شدند. به صورت کمی خلاصه نتایج اعتبار سنجی مطابق جدول ۲ ارائه می‌شود. طبق این جدول روش LSU به ترتیب با صحت کلی و ضریب کاپای ۸۱.۶۶ درصد و ۰.۷۲ عملکرد بسیار بهتری نسبت به روش MF داشته است.

جدول ۲: صحت کلی، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و کاربرد برای طبقه بندی MF و LSU

روش MF		روش LSU		دگرسانی
صحت کلی = 71.3% ضریب کاپا = 0.57	صحت کلی = 81.66% ضریب کاپا = 0.72	Prod. Acc.	User Acc.	
100	18.18	70.76	88.63	دگرسانی فیلیک
51.57	100	83.84	64.72	دگرسانی آرژیلیک
100	100	98.22	89.81	دگرسانی پروپلیتیک

شکل ۳) الف) نمای کلی از محدوده کانسار میدوک؛ ب) نمای نزدیک از دگرسانی‌های گرمابی محدوده کانسار میدوک؛ ج) نمای کلی از محدوده کانسار آبدر؛ د) نمای نزدیک از دگرسانی‌های گرمابی محدوده کانسار آبدر.



### نتایج

در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پریسما و روش‌های پردازش طیفی MF و LSU به بارزسازی دگرسانی گرمابی در قسمت شمالی کمر بند مس کرمان پرداخته شد. مطابق نتایج بدست آمده در تصاویر بارز شده و صحت‌سنجی آنها توزیع مکانی کانی‌های دگرسانی انطباق خوبی با زون‌های دگرسانی و اندیس‌های معدنی موجود در منطقه مطالعاتی داشتند. به صورت کلی هر دو روش صحت بالایی در بارزسازی کانی‌های مرتبط با دگرسانی گرمابی داشته‌اند ولی روش LSU با صحت کلی ۸۱.۶۶، دقت بالاتری نسبت به روش MF در جداسازی دگرسانی‌های گرمابی نشان داده و و مناطق با پتانسیل کانی‌زایی بالا را به خوبی مشخص کرده است. در نهایت با تکیه بر نتایج حاصل از این مطالعه، و این نکته که برخلاف سنجنده‌های چندطیفی در اینجا کانی‌های دگرسانی با دقت بسیار بالا و در نتیجه زون‌های دگرسانی نیز با همین استدلال بسیار دقیق‌تر نقشه برداری شده‌اند، می‌توان در مناطق با زمین‌شناسی مشابه با استفاده از داده‌های ابرطیفی پریسما و روش‌های پردازش طیفی مانند MF مناطق دگرسانی مرتبط با کانی‌زایی را بارزسازی نمود.

### منابع

۱- زلفی، ز، احمدی پور، ح. ۱۳۹۳. ژئوشیمی و پتروژنز دایک‌های دولریتی حاوی مگاکریست پلاژیوکلاز واقع در بخش میانی نوار ولکانو-پلوتونیک دهج - ساردوئیه استان کرمان، نشریه پتروژئولوژی، ۲۰(۵)، ۱-۱۴. #۲- گودرزی مهر، س.، علوی پناه، س. ک.، و درویشی بلورانی، ع.؛ ۱۳۹۲. تهیه نقشه‌ی واحدهای دگرسان به روش فیلتر سازگار یافته‌ی تنظیم اختلاط با استفاده از تصاویر ابرطیفی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۵(۱)، ۲۱-۳۸. #۳- ملایی، م.؛ ۱۳۹۸. بررسی الگوی ساختاری و دگرسانی در شناسایی پتانسیل کانه‌زایی مس با استفاده از تحلیل طیفی و پردازش داده‌های ماهواره‌ای، مطالعه موردی شمال ساردوئیه استان کرمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی، گرایش سنجش از دور زمین‌شناختی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته. #۴- هنرمند، م.؛ ۱۳۹۰. مدل‌سازی پتانسیل معدنی کمر بند فلز زایی مس کرمان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، رساله دکتری زمین‌شناسی گرایش زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

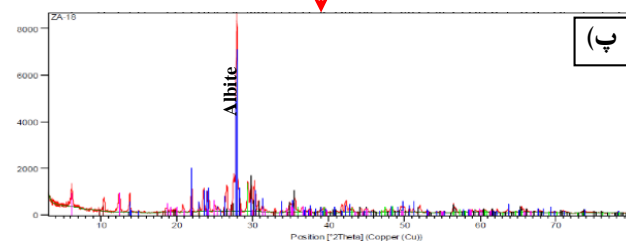
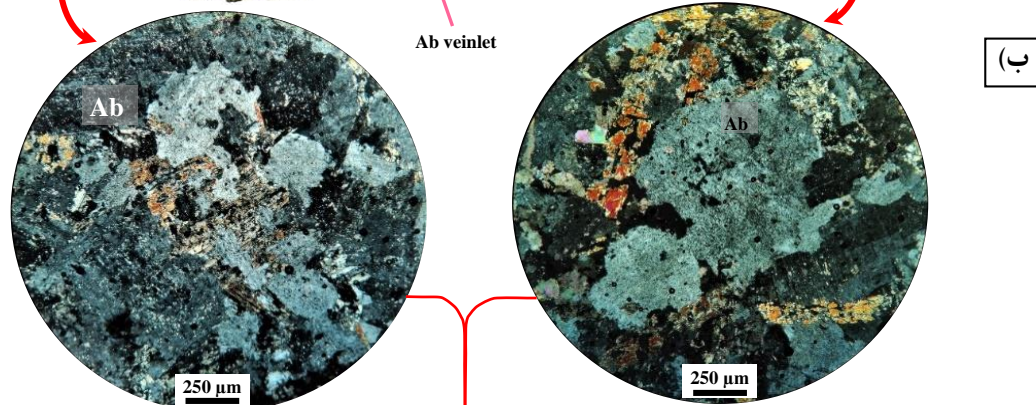
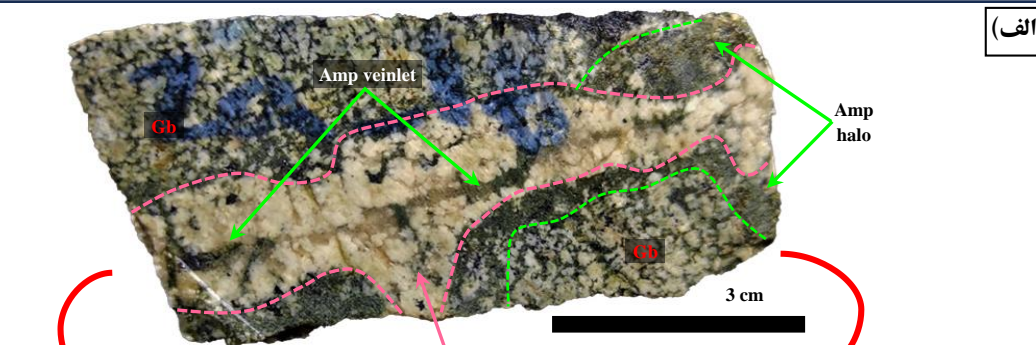
5-Alimohammadi, M., Alirezaei, S. and Kontak, D.J., 2015. Application of ASTER data for exploration of porphyry copper deposits: A case study of Daraloo-Sarmeshk area, southern part of the Kerman copper belt, Iran. *Ore Geology Reviews*, 70, pp.290-304. # 6-Bedini, E. and Chen, J., 2020. Application of PRISMA satellite hyperspectral imagery to mineral alteration mapping at Cuprite, Nevada, USA. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing v, 10*(2), pp.87-94. # 7-Bedini, E. and Chen, J., 2022. Prospection for economic mineralization using PRISMA satellite hyperspectral remote sensing imagery: an example from central East Greenland. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing v12, 3*, pp.124-130. # 8- Heller Pearlshtien, D., Pignatti, S., Greisman-Ran, U. and Ben-Dor, E., 2021. PRISMA sensor evaluation: A case study of mineral mapping performance over Makhtesh Ramon, Israel. *International Journal of Remote Sensing*, 42(15), pp.5882-5914. # 9- Loizzo, R., Daraio, M., Guarini, R., Longo, F., Lorusso, R., Dini, L. and Lopinto, E., 2019, July. Prisma mission status and perspective. In *IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 4503-4506). IEEE. # 10- Ranjbar, H., 2011. Application of spectral analysis in mapping hydrothermal alteration of the Northwestern Part of the Kerman Cenozoic Magmatic Arc, Iran. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 22(3), pp.221-238.

## عنوان: ارتباط میان رخساره‌های دگرسانی و کانه‌زایی در کانسار اکسید آهن - آپاتیت ذاکر، شرق زنجان

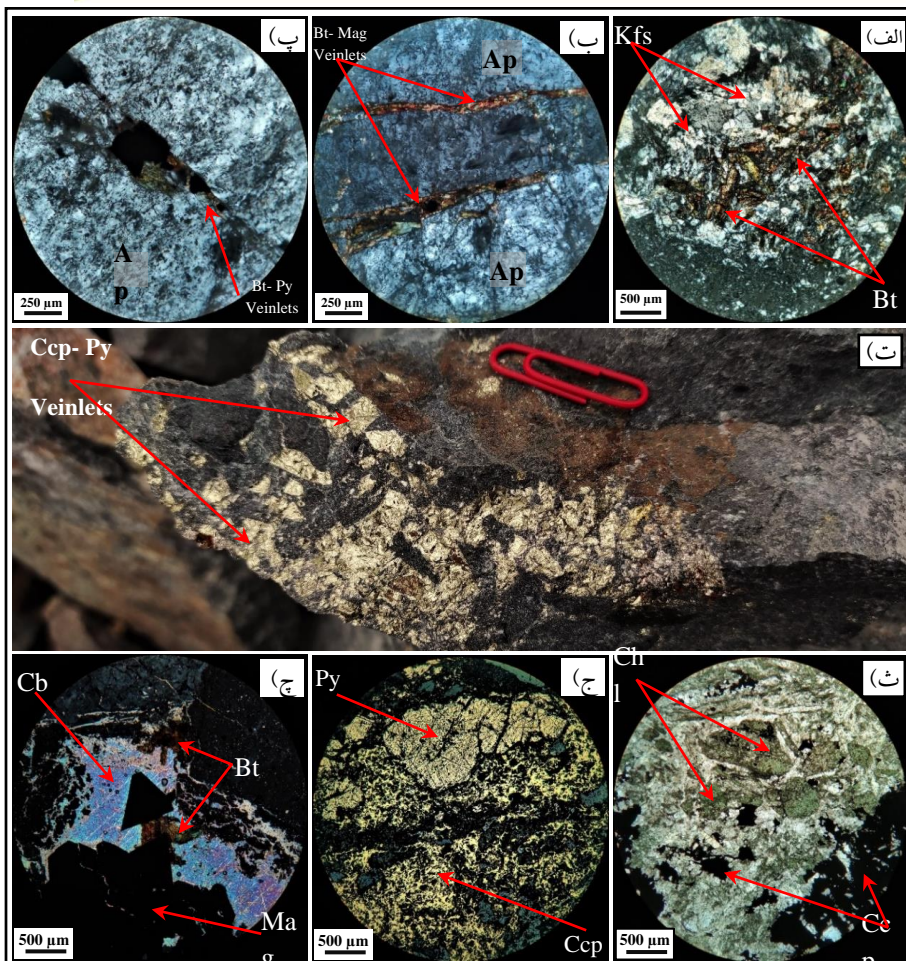
سیده زهرا واقفی، مجید قادری، حسینعلی تاج‌الدین، سعید صحتی قراملکی

### چکیده

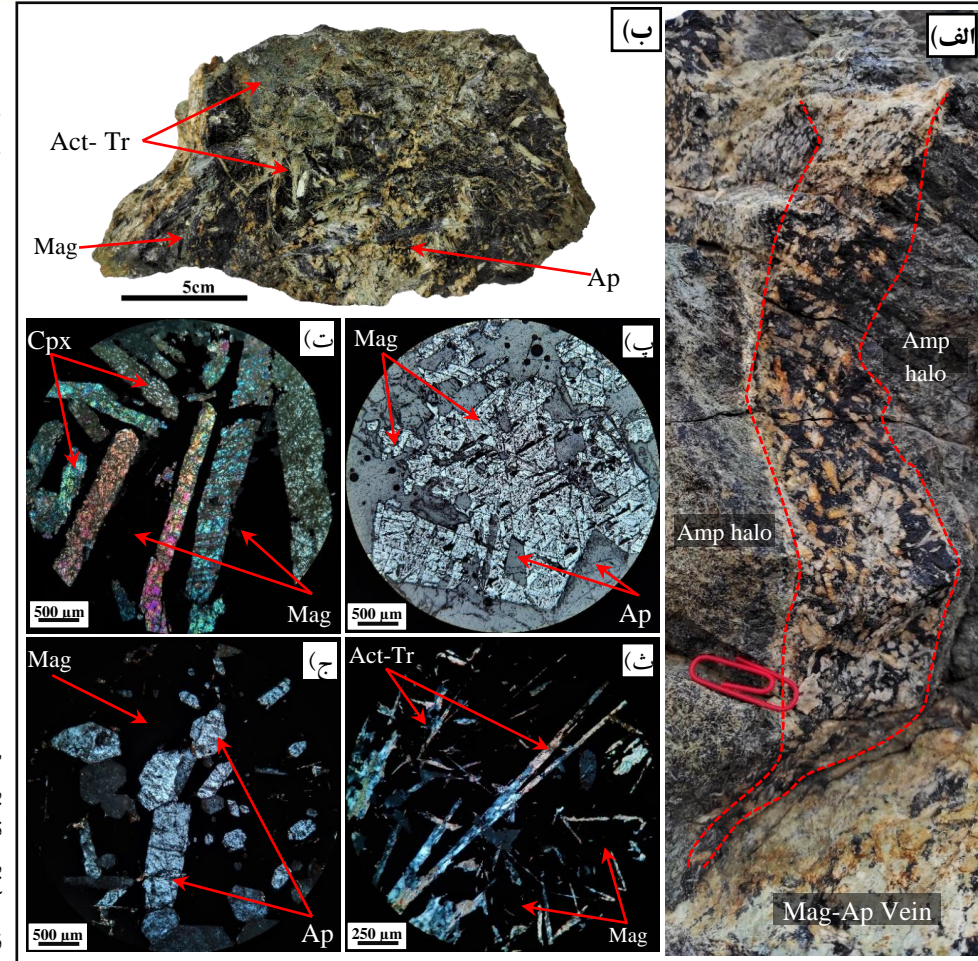
کانسارهای اکسید آهن - آپاتیت امروزه عضو یک گستره وسیع از ذخایر در سامانه دگرسانی اکسید آهن قلیایی رده‌بندی می‌شوند. تشکیل این تیپ از ذخایر با مراحل مختلف دگرسانی همبستگی بالایی دارد. با توجه به الگوهای دگرسانی در این ذخایر، کانسار ذاکر واقع در شرق زنجان، شباهت انکارناپذیری با ذخایر کمان ماگمایی Great Bear دارد. الگوهای دگرسانی و کانه‌زایی در کانسار ذاکر در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. در این کانسار، ۵ رخساره دگرسانی به کمک مطالعات صحرایی، پتروگرافی و کانه‌نگاری مقاطع میکروسکوپی و نتایج آنالیز XRD تفکیک شدند که عبارتند از: رخساره سدیک دما بالا، رخساره کلسیک - آهن دما بالا، رخساره پتاسیک - آهن دما بالا، رخساره پتاسیک - آهن دما پایین و رخساره سیلیسی. ارتباط کلیدی که از تفکیک دگرسانی‌ها در این کانسار به دست آمد آن است که مهمترین رخساره دگرسانی مرتبط با کانه‌زایی مگنتیت، رخساره کلسیک دما بالا بوده و رخساره پتاسیک - آهن دما بالا تا پایین، مهمترین رخساره در ارتباط با کانه‌زایی فلزات پایه به‌ویژه مس می‌باشد.



شکل ۱- دگرسانی سدیک. الف) نمونه دستی سنگ گابرو که دارای آلپیت رگچه‌ای است و در حواشی رگچه آلپینی هاله آمفیبولی تشکیل شده است. ب) مقاطع میکروسکوپی از همان سنگ، پیروکسن در حال از بین رفتن که به جای آن آلپیت در حال تشکیل است. پ) آنالیز XRF همان نمونه که نشان‌دهنده وجود آلپیت و آمفیبول ریکتریت در همان سنگ است. Ab: Albite, Amp: Amphibole, Gb: Gabbro.



شکل ۲- دگرسانی کلسیک- آهن دما بالا. الف) رگه‌ی حاوی مگنتیت- آپاتیت در مجاورت مجموعه آمفیبولی در سینه‌کار شماره ۲ ذاکر، ب) هم‌شدی مگنتیت و سوزن‌های کشیده‌ی ترمولیت- اکتینولیت و آپاتیت، پ) هم‌شدی مگنتیت و آپاتیت در نور انعکاسی Ppl، ت) هم‌شدی مگنتیت و کلینوپیروکسن در نور عبوری Xpl، ث) هم‌شدی اکتینولیت- ترمولیت‌های سوزنی و مگنتیت در نور عبوری Xpl، ج) هم‌شدی آپاتیت‌های خودشکل و مگنتیت در نور عبوری Xpl. Act: Actinolite, Amp: Amphibole, Ap: Apatite, Cpx: Clinopyroxene, Mag: Magnetite, Tr: Tremolite.



شکل ۳- دگرسانی پتاسیک- آهن دما بالا تا پایین. الف) مجموعه کانیاپی بیوتیت و پتاسیم فلدسپار در نور عبوری Xpl، ب) رگچه‌های بیوتیت- مگنتیت قطع‌کننده آپاتیت رخساره پتاسیک دما بالا در نور عبوری Xpl، پ) رگچه‌های بیوتیت- پیریت قطع‌کننده آپاتیت رخساره دما بالا در نور عبوری Xpl، ت) کان‌زایی سولفیدی در زون پتاسیک، ث) همراهی کلریت و کالکوپیریت در زون پتاسیک دما پایین در نور عبوری Xpl، ج) کان‌زایی سولفیدی در زون دگرسانی پتاسیک دما پایین در نور انعکاسی Ppl، ح) کرنات و بیوتیت در زون دگرسانی پتاسیک دما پایین در نور عبوری Xpl.



# بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه



## ذخایر اورانیوم ایران

مهدی هاشمی

استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷ - ۱۹۳۹۵، تهران

m.hashemi@pnu.ac.ir

### چکیده

۴۰۰ ذخیره اورانیوم در ایران شناسایی شده است. ذخایر اورانیوم در استان های یزد، هرمزگان، اصفهان، آذربایجان شرقی، کرمان، خراسان جنوبی، لرستان، فارس، زنجان، آذربایجان غربی، خراسان رضوی، مازندران، اردبیل و همدان وجود دارد. ذخایر اورانیوم استان یزد در معادن اردکان (ساغند و خشومی)، بافق (ناریگان) و بهاباد (زریرگان) قرار دارد. تقریباً همه کانی‌سازهای اورانیوم استان یزد از نوع گرمابی و متاسوماتیت وابسته به توده های نفوذی منطقه هستند. ذخیره اورانیوم استان هرمزگان در گنبد نمکی گچین (بندرعباس) و از نوع متاسوماتیت است. کانی سازی اورانیوم استان اصفهان در ذخایر مس انارک همانند تالمسی، مسکنی، چاه شوره و کالیکافی و همچنین در پلایای دق سرخ (اردستان) و مناطق آیرکان و چشمه شتری (خور) وجود دارد. ذخیره دق سرخ از نوع سطحی (پلایایی) و ذخایر آیرکان و چشمه شتری وابسته به توده های نفوذی هستند. ذخایر اورانیوم استان آذربایجان شرقی در رودخانه تلخه رود، آقچه کند (سراب) و کلیبر (اهر) وجود دارند. در تلخه رود کانی سازی از تیب ماسه سنگ و از نوع هلالی (رول فرونت) است. در کلیبر کانی سازی گرمابی مرتبط با توده های نفوذی است. ذخایر اورانیوم استان کرمان در کانسار آغل مسی (راور)، ارتفاعات سیرجان، اندیس شرق یم و معدن گرانتید ده سیاهان (رفسنجان) قرار دارند. رخداد مس آغل مسی تیب رسوبی لایه فرمز است. کانی سازی یم آتشفشان زاد است. اورانیوم ده سیاهان مرتبط با توده های نفوذی است. ذخایر اورانیوم استان خراسان جنوبی در شمال غرب فردوس و منطقه سه چنگی (بیرجند) شناسایی شده اند. ذخیره فردوس از نوع رسوبی و ذخیره سه چنگی مرتبط با توده های آتشفشانی است. ذخیره اورانیوم استان لرستان در منطقه سپیددشت بوده و تیب آن ماسه سنگی می باشد. ذخیره اورانیوم استان فارس در لاریت های مناطق سرچهان و یوانات قرار دارد. کانی سازی اورانیوم استان زنجان در معدن مس پایچه باغ (ماه نشان) است که این ذخیره از نوع رگه ای ۵ عصری می باشد. ذخایر اورانیوم استان آذربایجان غربی در چنگسر (خوی)، چارچلو (غرب دریاچه ارومیه) و گرانتید قوشچی (ارومیه) قرار دارند. ذخیره چارچلو از نوع ماسه سنگی و ذخیره قوشچی مرتبط با توده های نفوذی است. کانی سازی اورانیوم استان خراسان رضوی در معدن فیروزه نیشابور می باشد که این معدن از نوع IOCG است. ذخایر اورانیوم استان مازندران در جنوب غربی چالوس در دو موقعیت وجود دارد، اول دره مجل (دره باریک نو و سیب چال) و وندارین کلاردشت و دوم چشمه های آب گرم راسر (آب سیاه، وزیر گرما، طلش محله و خاک سفید). ذخیره دره مجل و وندارین مرتبط با توده های نفوذی هستند. ذخایر اورانیوم استان اردبیل در برندق (خلخال) و همچنین چشمه های آبگرم متشگین شهر قرار دارد. ذخیره برندق مرتبط با توده های نفوذی است. ذخیره اورانیوم استان همدان در چشین (همدان) می باشد که مرتبط با توده های نفوذی است.

### مقدمه

بنابر اعلام رسمی سازمان انرژی اتمی ایران، ۴۰۰ ذخیره اورانیوم در ایران شناسایی شده اند که این ذخایر حاصل شناسایی هوایی یک سوم از خاک کشور در مناطق مرکزی نظیر ساغند، جنوب بندرعباس، خشومی، ناریگان و زریرگان است. طبق محاسبات فنی به عمل آمده میزان ذخایر شناسایی شده اورانیوم ایران در معادن یزد، بندرعباس و اردبیل بیش از ۳۶ هزار تن است. منابع قطعی اورانیوم ایران را باید حدود ۱۴۰۰ تن برآورد کرد. ایران هم از لحاظ منابع اورانیوم در شرایط منحصر بفرد و ممتازی قرار دارد و هم در شیوه های فراوری و غنی سازی اورانیوم به فناوری منحصربفردی دست یافته که بهره وری معادن کنونی را تا حد زیادی افزایش داده است.

### بحث

ذخایر اورانیوم در استان های یزد، هرمزگان، اصفهان، آذربایجان شرقی، کرمان، خراسان جنوبی، لرستان، فارس، زنجان، آذربایجان غربی، خراسان رضوی، مازندران، اردبیل و همدان وجود دارد.

(الف) ذخایر اورانیوم استان یزد:

ذخایر اورانیوم استان یزد در معادن اردکان (ساغند و خشومی)، بافق (ناریگان) و بهاباد (زریرگان) قرار دارد. آنومالی چاه جوله قسمتی از ذخیره زریرگان است.

روستای ساغند از توابع بخش خراق در ۱۳۰ کیلومتری شمال شرق شهر اردکان و شرق روستای ساغند قرار دارد. معدن اورانیوم ساغند، در منطقه دوزخ‌دره قرار دارد. در ذخیره ساغند، آنومالی ۱۱ نیز به بهره برداری رسیده است. کانی سازی اورانیوم، توریم و عناصر نادر خاکی در منطقه ساغند، مرتبط با عناصر پرتوزا و به طور عمده از نوع گرمابی و متاسوماتیت وابسته به توده های نفوذی منطقه است. کانی های اورانیوم و توریم دار (اورانینیت و دیویدیت) هستند.

آنومالی شش ساغند در ۱۸۶ کیلومتری شمال شرق یزد در زون ایران مرکزی، در پهنه متالورژی بافق - ساغند در بلوک پشت بادام واقع شده است. عناصر کانه‌زایی اصلی در آنومالی شش ساغند شامل عناصر توریم، اورانیوم، ایتربیم و عناصر نادر خاکی می‌باشند که در مجموعه‌ای از سنگ‌های متاسوماتیتی با ترکیب آمفیبولیت و آلبیتیت به وقوع پیوسته است (فخارکیا، ۱۴۰۰).

آنومالی پنج ساغند در منطقه ایران مرکزی قرار دارد. کانی سازی عناصر پرتوزا در منطقه از نوع متاسوماتیت است (خلج معصومی و همکاران، ۱۳۹۴).

عناصر پرتوزای اورانیوم و توریم در آنومالی چهار منطقه ساغند در پهنه ایران مرکزی بررسی شده است. برای آنومالی‌های اورانیوم، حد آستانه ای ۹۴/۱۷ گرم در تن مشخص شد. کانی‌های پرتوزا اغلب از نوع برانریت و به مقدار کمتر اورانینیت تشخیص داده شد (چگینی، ۱۳۹۰).

منطقه ناریگان در ۳۰ کیلومتری شمال شرق بافق یزد در منطقه ایران مرکزی واقع شده است (یزدی و همکاران، ۱۳۸۷). منطقه ناریگان در جنوب زون فلززایی بافق - ساغند در ایران مرکزی، میزبان رگه های سیلیسی حاوی کانی دیویدیت می باشد. کانی دیویدیت نه تنها از نظر اورانیوم بلکه از نظر عناصر نادر خاکی در ایران مرکزی دارای ارزش اکتشافی می باشد. دماهای به دست آمده برای همگن شدن سیالات درگیر و تشکیل دیویدیت می توان زایش این کانی را در ارتباط با ذخایر تیب رگه های مرتبط با گرانتید دانست (مهدی پور قاضی و همکاران، ۱۳۹۹).

منطقه اکتشافی زریرگان در ۶۰ کیلومتری شمال غرب بهاباد و ۵۵ کیلومتری شمال بافق در غرب

روستای متروکه زریرگان واقع شده و بخشی از کمربند فلززایی بافق - ساغند را تشکیل می دهد. کانی سازی اورانیوم و توریم همراه با متاسوماتیتس آلبیتی و سیلیس زایی بوده و کانی سازی نوع گرمابی در ارتباط با سیالات مرتبط با توده گرانتیتی زریرگان در امتداد شکستگی ها تشکیل شده است. احتمالاً کانی سازی های کانی های عناصر پرتوزا در ارتباط با گرانتیت زریرگان و گرانتیت های اطراف آن در منطقه بافق است. کانی زایی در آنومالی جنوبی از نوع U و Th است و مدل پیشنهادی این کانسار، متاسوماتیتس حاصل از نفوذ محلول Si و Na است. کانی های پرتوزا در منطقه شامل تیتانوم گنیت، دیویدیت، پیچبلند و سایر کانی های پرتوزا و همچنین کانی های سولفیدی مانند پیریت است (فعال و همکاران، ۱۳۹۹). در زریرگان کانی سازی مواد رادیواکتیو در زونهای کانه دار شامل تیتانومگنیت، دیویدیت ± پیریت و ... می باشد. اورانیوم در غالب کانی دیویدیت شناسایی شده است. عنصر رادیواکتیو U با فراوانی ۵۰-۲۵۰ ppm (میانگین نسبی آن در حدود 300 ppm است) دیده می شود (تربایان و همکاران، ۱۳۸۴).

آنومالی پرتوزای چاه جوله در ۱۷۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان یزد قرار دارد و کانی زایی اورانیوم از نوع برانریت، دیویدیت و تیتانومگنیت در منطقه شکل گرفته است. رخداد کانی زایی اورانیوم در آنومالی پرتوزای چاه جوله از نوع آلبیتیت های ماگماتیک پسین می باشد (بسکابادی و جلیلیان تهرانی، ۱۳۸۵).

کانی سازی اورانیوم در منطقه خشومی (آنومالی ۶) (۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی یزد) واقع در ایران مرکزی مقدار ۱۴ تا ۴۰۰۰ گرم در تن وجود دارد. کانی سازی اصلی U در طی فاز گرمابی و همراه با سایر عناصر Ni, Cu, Mo, Au در منطقه رخ داده است. کانی های اولیه اورانیوم شامل پیچبلند، اورانینیت، کوفینیت است و کانی های ثانویه اورانیوم شامل اورانوفان و بولوتید است (حیدریان، ۱۳۸۴).

(ب) ذخایر اورانیوم استان هرمزگان:

گنبد نمکی گچین یکی از گنبد های نمکی سازند هرمز در جنوب ایران می باشد که در ۳۵ کیلومتری غرب بندرعباس در شرق روستای گچین واقع شده است. این گنبد در سالهای اخیر به دلیل کشف آنومالی اورانیوم مورد توجه قرار گرفته است. منطقه گچین یکی از مناطق با پرتوزایی بالا است که علت آن مواد معدنی پرتوزای منطقه است. در گنبد نمکی گچین تمرکز و کانی سازی اورانیوم که بعنوان یک عنصر پرتوزا بصورت اکسیدهای مختلف پیچبلند و اورانینیت آواری در کربنات‌ها و ریبولیت‌های جوانتر که بصورت پیچبلند برشی شده مشهود شده است.

(ج) ذخایر اورانیوم استان اصفهان:

اورانیوم در ذخایر مس منطقه انارک همانند تالمسی، مسکنی، چاه شوره و کالیکافی و همچنین در پلایای دق سرخ (اردستان) و مناطق آیرکان و چشمه شتری (خور) وجود دارد.



# بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه



اورانیوم در چند ناحیه مشخص از کانسارهای مس انارک همراه با فلزات دیگر به خصوص سولفیدهای فلزی مس، نیکل و کبالت در مناطق تالمسی - مسکنی - چاه شوره و نیز در منطقه کالیکافی همراه با کانی سازی سولفیدی مس و مولیبدن و سرب است. در مناطق تالمسی - مسکنی اکسید اورانیوم بصورت پیچلند و یا پاراپیچلند همراه با کانی های سفناوه و آرسناته و نیز سیلیکاته اورانیوم مانند اتونیت، کالکولیت (توربرینیت)، متازتروپیت، اورانتیل (اورانوفان) همراه با سولفیدهای فلزی مس مانند کالکوزین، مس خالص، نیکلین بصورت ادخالهای نامنظم، بی شکل و یا بصورت رگچه هایی در اطراف رگه ها دیده می شوند (مطیعی، ۱۳۶۶). کانسار مس تالمسی در فاصله ۳۴ کیلومتری شمال غربی شهر انارک واقع شده است. در محدوده معدنی تالمسی کانی سازی دو مرحله ای کاملاً مجزا رخ داده که در مرحله دوم کانی سازی نیکل، کبالت و اورانیم به وقوع پیوسته است (باقری و همکاران، ۱۳۸۶). کانسار مس، نیکل، کبالت و اورانیوم مسکنی در ۲۲ کیلومتری غرب انارک و ۱۸ کیلومتری جنوب روستای عشین در ایران مرکزی قرار دارد. عناصر کبالت، نیکل، مس و اورانیوم فراوانی بیشتری نسبت به بقیه عناصر دارند. میانگین اورانیوم ۲۷۷ گرم در تن است. تپ کانسار مسکنی احتمالاً پنج عنصری است (مختارزاده محمدی، ۱۳۹۰). در ناحیه مسکنی اسفرولیت های پیچلند همراه با مس و نیکل دیده می شود. بلورهای مکعبی اورانینیت دیده نشده و اکسید اورانیوم تحت تاثیر یک مرحله ای ژنتیک بصورت پاراپیچلند درآمده است. در معدن مسکنی کانی سازی اورانیوم در عمق بیشتر از ۲۵۰ متر ثابت شده است (مطیعی، ۱۳۶۶). در معدن چاه شوره در ۱۵ کیلومتری شمال شهر انارک، کانی سازی اورانیوم بصورت پیچلند همراه با کانی های دیگری مانند کالکوزین، بورنیت، مولیبدنیت، کوللیت، پیروهوتیت، آنابریزیت، کربزیت، گالن، اسفالریت، پیریت، مارگاسیت در نواحی سرپانتینی شده صورت گرفته است. لیستونیت های غربی این محدوده دارای کانه زایی اورانیم و چندفلزی هستند (وقاری و همکاران، ۱۳۹۸). در معدن کالیکافی در ۷۸ کیلومتری شرق تالمسی - مسکنی کانی سازی اورانیوم بصورت ورقه هایی از اتونیت در ترانشه ها و سطوح شکافها به چشم می خورد. اورانیوم کانی سازی مشترکی را با مس و مولیبدن به همراه سولفید سرب و غیره دارد. کالیکافی یک کانسار پلی متالیک، مس، مولیبدن، طلا به همراه اورانیوم است (مطیعی، ۱۳۶۶).

پلاایق دق سرخ در ۳۰ کیلومتری شهرستان اردستان و در منطقه ایران مرکزی قرار گرفته است. هانجاری اورانیم در لایه ای به ضخامت ۳۰ - ۲۰ سانتیمتری در عمق ۱۲۵۴ سانتیمتری شناسایی شد. حوضه دق سرخ از نوع سطحی (پلایایی) است (بازند و همکاران، ۱۳۹۸). مناطق آیرکان و چشمه شتری در شمال شرق شهرستان خور واقع شده اند. رسوبات منطقه چشمه شتری و سنگهای گرانیت آیرکان، این گرانیت را به عنوان منشأ اورانیوم محلول در آبهای زیرزمینی مناطق آیرکان و چشمه شتری نشان می دهد (السماعلی وردنجانی و همکاران، ۱۳۹۰).

د) ذخایر اورانیوم استان آذربایجان شرقی:

ذخایر اورانیوم استان آذربایجان شرقی در سه موقعیت وجود دارند: اول رودخانه تلخه رود (آجی چای)(بین تبریز و اهر)، دوم آقیچه کند (سراب) و سوم کلپیر (اهر). در تلخه رود کانی سازی از تپ ماسه سنگ و از نوع هلالی (رول فرونت) است. در کلپیر ۱ کانی سازی گرمایی مرتبط با توده های نفوذی است.

ه) ذخایر اورانیوم استان کرمان:

ذخایر اورانیوم استان کرمان در کانسار آغل مسی (راور)، ارتفاعات شمال و شرق سیرجان، اندیس شرق بیم و معدن گرانیت ده سیاهان (جنوب رفسنجان) قرار دارند. رخداد مس آغل مسی تپ رسوبی لایه قرمز است. کانی سازی بیم مرتبط با فرایندهای گرمایی و آتشفشان زاد است. اورانیوم ده سیاهان مرتبط با توده های نفوذی است.

و) ذخایر اورانیوم استان خراسان جنوبی:

ذخایر اورانیوم استان خراسان جنوبی در شمال غرب فردوس و منطقه سه جنگی (بیرجند) شناسایی

شده اند. ذخیره فردوس از نوع رسوبی و ذخیره سه جنگی مرتبط با توده های آتشفشانی است.

ز) ذخیره اورانیوم استان لرستان:

کانسار اورانیوم منطقه سپیددشت در شرق شهرستان خرم آباد واقع شده است تپ کانی زایی احتمالی در منطقه، کانی زایی اورانیوم ماسه سنگی می باشد (دریکوندی، ۱۳۹۴).

ح) ذخیره اورانیوم استان فارس:

عناصر اورانیوم و آرسنیک در خاک های لاتریتی شده دو منطقه سرچهان و بوانات کشف شده است. (خادمی و هاشمی نسب، ۱۳۹۰).

ط) ذخیره اورانیوم استان زنجان:

معدن مس پایچه باغ در منطقه ماه نشان در غرب زنجان و جنوب غربی شهرستان میانه واقع شده است. کانه های اورانیم (بیچلند و کافینیت) در پایچه باغ شناسایی شده اند (مجتهدی و همکاران، ۱۳۷۳). ذخیره پایچه باغ از نوع رگه ای ۵ عنصری می باشد

ی) ذخایر اورانیوم استان آذربایجان غربی:

ذخایر اورانیوم استان آذربایجان غربی در جنگسر (شمال غرب خوی)، جارچلو (غرب دریاچه ارومیه) و گرانیت قوشچی (شمال ارومیه) قرار دارند. ذخیره جارچلو از نوع ماسه سنگی و ذخیره قوشچی مرتبط با توده های نفوذی است.

ک) ذخیره اورانیوم استان خراسان رضوی:

معدن فیروزه نیشابور در شمال غرب نیشابور و در کمربند آتشفشانی جنوب قوچان واقع شده است. معدن فیروزه نیشابور یک کانی سازی بزرگ مس - طلا - اورانیم - عناصر نادر خاکی سبک نوع IOCG است (ملکزاده شفاوردی و همکاران، ۱۳۹۰).

ل) ذخایر اورانیوم استان مازندران:

ذخایر اورانیوم استان مازندران در جنوب غربی شهر چالوس در دو مکان وجود دارد، اول دره محل (دره باریک نو و سب چال) و وندارین کلاردشت و دوم چشمه های آب گرم رامسر. ذخیره دره محل و وندارین مرتبط با توده های نفوذی است.

م) ذخایر اورانیوم استان اردبیل:

ذخایر اورانیوم استان اردبیل در اطراف روستای برندق (شهرستان خلخال) و همچنین چشمه های آبگرم مشکین شهر (قینرجه، ایلاندو و موپیل سوپی) قرار دارد. ذخیره برندق مرتبط با توده های نفوذی است.

ن) ذخیره اورانیوم استان همدان:

پتانسیل عنصر پرتوزای کشین (چشین) در استان همدان در مجاورت جنوب شرقی شهر همدان در مسیر جاده همدان - کشین و (سب چال) و وندارین کلاردشت و دوم چشمه های آب توده های نفوذی است (ایرانشن و همکاران، ۱۳۹۴).

## نتیجه گیری

۴۰۰ ذخیره اورانیوم در ایران شناسایی شده است. ذخایر اورانیوم در استان های یزد، هرمزگان، اصفهان، آذربایجان شرقی، کرمان، خراسان جنوبی، لرستان، فارس، زنجان، آذربایجان غربی، خراسان رضوی، مازندران، اردبیل و همدان وجود دارد:

ذخایر اورانیوم استان یزد در معادن اردکان (ساغند و خشومی)، بافق (ناریگان) و بهاباد (زریگان) قرار دارد. معدن اورانیوم ساغند در منطقه دوزخدره قرار دارد. تقریباً همه کانی سازهای اورانیم استان یزد از نوع گرمایی و متاسوماتیت وابسته به توده های نفوذی منطقه هستند. ذخیره اورانیوم استان هرمزگان در گنبد نمکی گچین (بندرعباس) و از نوع متاسوماتیت است. کانی سازی اورانیوم استان اصفهان در ذخایر مس انارک همانند تالمسی، مسکنی، چاه شوره و کالیکافی و همچنین در پلایای دق سرخ (اردستان) و مناطق آیرکان و چشمه شتری (خور) وجود دارد. تپ کانسار مسکنی از نوع پنج عنصری و کالیکافی از نوع پورفیری است. ذخیره دق سرخ از نوع سطحی (پلایایی) و ذخیره آیرکان و چشمه شتری وابسته به توده های نفوذی هستند.

ذخایر اورانیوم استان آذربایجان شرقی در رودخانه تلخه رود (آجی چای)(بین تبریز و اهر)، آقیچه کند (سراب) و کلپیر (اهر) وجود دارند. در تلخه رود کانی سازی از تپ ماسه سنگ و از نوع هلالی (رول فرونت) است. در کلپیر ۱ کانی سازی گرمایی مرتبط با توده های نفوذی است. ذخایر اورانیوم استان کرمان در کانسار آغل مسی (راور)، ارتفاعات شمال و شرق سیرجان، اندیس شرق بیم و معدن گرانیت ده سیاهان (جنوب رفسنجان) قرار دارند. رخداد مس آغل مسی تپ رسوبی لایه قرمز است. کانی سازی بیم مرتبط با فرایندهای گرمایی و آتشفشان زاد است. اورانیوم ده سیاهان مرتبط با توده های نفوذی است. ذخایر اورانیوم استان خراسان جنوبی در شمال غرب فردوس و منطقه سه جنگی (بیرجند) شناسایی شده اند. ذخیره فردوس از نوع رسوبی و ذخیره سه جنگی مرتبط با توده های آتشفشانی است. ذخیره اورانیوم استان لرستان در منطقه سپیددشت بوده و تپ آن ماسه سنگی می باشد. ذخیره اورانیوم استان فارس در لاتریت های مناطق سرچهان و بوانات قرار دارد.

کانی سازی اورانیوم استان زنجان در معدن مس پایچه باغ (ماه نشان) است که این ذخیره از نوع رگه ای ۵ عنصری می باشد. ذخایر اورانیوم استان آذربایجان غربی در جنگسر (شمال غرب خوی)، جارچلو (غرب دریاچه ارومیه) و گرانیت قوشچی (شمال ارومیه) قرار دارند. ذخیره جارچلو از نوع ماسه سنگی و ذخیره قوشچی مرتبط با توده های نفوذی است. کانی سازی اورانیوم استان خراسان رضوی در معدن فیروزه نیشابور می باشد که این معدن از نوع IOCG است. ذخایر اورانیوم استان مازندران در جنوب غربی شهر چالوس در دو مکان وجود دارد، اول دره محل (دره باریک نو و سب چال) و وندارین کلاردشت و دوم چشمه های آب گرم رامسر (آب سیاه، وزیر گرما، طالش محله و خاک سفید). ذخیره دره محل و وندارین مرتبط با توده های نفوذی است. ذخایر اورانیوم استان اردبیل در برندق (خلخال) و همچنین چشمه های آبگرم مشکین شهر (قینرجه، ایلاندو و موپیل سوپی) قرار دارد. ذخیره برندق مرتبط با توده های نفوذی است. ذخیره اورانیوم استان همدان در چشین (همدان) می باشد که مرتبط با توده های نفوذی است.

## منابع

بسکبادی، ا. جلیلیان تهرانی، ح.، ۱۳۸۵، کانی زایی اورانیوم در ارتباط با رخداد متاسوماتیسم سدیک، آنومالی پرتوزای چاه جوله (ایران مرکزی)، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

بازند، ک.، بهزادی نسب، ع.، قادری، مر.، رضوانیان زاده، مر.، ۱۳۹۸، بررسی قابلیت کانی زایی اورانیم نوع سطحی (پلایایی) در حوضه دق سرخ ایران مرکزی، مجله علوم و فنون هسته ای، شماره ۱. چکینی، ا.، ۱۳۹۰، شناسایی و پتانسیل یابی عناصر پرتوزا با نگرشی بر مطالعات زمین شناسی و ژئوشیمیایی محدوده آنومالی ۴ منطقه ساغند (ایران مرکزی)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه دامغان.

حیدریان، ف.، ۱۳۸۴، بررسی کانی زایی اورانیوم و عناصر REE و فرایندهای مرتبط با آن در آنومالی ۶ منطقه خشومی ایران مرکزی، نشریه علوم و فنون هسته ای، شماره ۳۴. خشنودی، خ.، ۱۳۸۶، اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای و بررسی کانی سازی اورانیوم در حاشیه گرانیت ناریگان در زون ایران مرکزی، استاد یزد، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی.

خلج معصومی، م.، لطفی، م.، معمار کوچه باغ، ا.، افضل، ب.، صادقی، ب.، خاکزاد، ا.، ۱۳۹۴، جداسازی ناهنجاری های ژئوشیمیایی عناصر خاکی نادر با استفاده از مدل فرکتالی عیار - مساحت در آنومالی ۵ ساغند (ایران مرکزی)، مجله علوم و فنون هسته ای، شماره ۱.

دریکوندی، پ.، ۱۳۹۴، زمین شناسی اقتصادی کانسار اورانیوم منطقه سپیددشت، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه لرستان.

فخرکباب، س.، ۱۴۰۰، کانی شناسی و ژئوشیمی اورانیوم، توریم - عناصر نادر خاکی در آنومالی ۶ ساغند، زون ایران مرکزی، پایان نامه کارشناسی ارشد سنگ شناسی (پتروژئولوژی)، دانشگاه تهران. فعال، ا.، ایرانشن، ج.، قاسمی، م.، ۱۳۹۹، پیچویی عنصر اورانیوم و توریم با استفاده از مطالعات زمین شناسی و ژئوشیمی، آنومالی جنوبی زریگان، ایران مرکزی، سی و نهمین کنگره ملی و چهارمین کنگره بین المللی علوم زمین.

مجتهدی، م.، امامی، مه.، شکوتی، ح.، ۱۳۷۳، بررسی پرتولوژی و ژئوشیمی معدن مس پایچه باغ، دومین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. مختارزاده محمدی، ب.، ۱۳۹۰، مطالعه کانسار مس، نیکل، کبالت و اورانیوم مسکنی (غرب انارک - ایران مرکزی)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه اصفهان. مطیعی، ه.، ۱۳۶۶، کانسارهای اورانیوم در منطقه انارک، پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

ملکزاده شفاوردی، آ.، اسفندیاریور، ا.، محمدنژاد، ح.، کریمیپور، م.ح.، ۱۳۹۰، معدن فیروزه نیشابور: تشخیص کانیساز مس - طلا - اورانیم - عناصر نادر خاکی سبک نوع IOCG در ایران، مجله زمین شناسی اقتصادی، شماره ۲.

وقاری، پ.، خسروی، م.، فتحی، س.، رضوانیان زاده، مر.، قادری، مر.، ۱۳۹۸، نگرشی بر شکل گیری، تکامل و کانه زایی لیستونیت ها و ارتباط آن با کانه زایی اورانیم و چندفلزی در منطقه چاه شوره، انارک، منطقه ایران مرکزی، مجله علوم و فنون هسته ای، شماره ۴.



## بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه



### بررسی کیفیت هوا شهر ارومیه بر اساس شاخص کیفیت هوا در سال ۱۴۰۱

#### فاطمه مهری یاری\*<sup>۱</sup>، فاطمه نقش افکن<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری زمین شناسی زیست محیطی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران آدرس پست الکترونیکی نویسنده اول (f.mehriyari@gmail.com)  
۲- کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران آدرس پست الکترونیکی نویسنده دوم (f.naghshafkan@ymail.com)

#### یافته‌ها

نتایج حاصل از شاخص کیفیت هوا در ماه‌های مختلف سال ۱۴۰۱ در جدول ۱ نشان داده شده است. بر این اساس از ۳۴۲ روز بررسی شده، ۷۶ روز در وضعیت پاک، ۲۴۳ روز در شرایط سالم و ۲۱ روز در شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس قرار داشته است. در اسفند ماه سال ۱۴۰۱، ۱۶ روز پاک مشاهده شده است که عنوان پاک‌ترین ماه سال ۱۴۰۱ در شهر ارومیه را از آن خود کرده است. همچنین بیش‌ترین روزهای ناسالم برای گروه‌های حساس در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، مهر و دی بوده است. از نظر شاخص کیفیت هوا، بیش‌ترین روزهای سالم در شهریور ماه بوده است. بر اساس نتایج بررسی‌ها، آلاینده مسئول، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون بوده است. در فصل بهار بیش‌ترین تعداد روزهای ناسالم برای گروه‌های حساس با توجه به وضعیت  $PM_{2.5}$  طبق شاخص کیفیت هوا و بیش‌ترین روزهای سالم در فصل پاییز مشاهده شده است.

#### چکیده

در این مطالعه غلظت آلاینده‌های هوا شامل؛ مونواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ذرات معلق مورد بررسی قرار گرفت. شاخص کیفیت هوا به وسیله نرم‌افزار EXCEL محاسبه شد و بر اساس آن، کیفیت بهداشتی هوا در شش گروه طبقه‌بندی گردید. از ۳۴۲ روز در سال ۱۴۰۱، ۷۶ روز در وضعیت پاک، ۲۴۳ روز در شرایط سالم و ۲۱ روز در شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس قرار داشته است. در اسفند ماه سال ۱۴۰۱، ۱۶ روز پاک مشاهده شده است که عنوان پاک‌ترین ماه سال ۱۴۰۱ را از آن خود کرده است. ذرات معلق بیش‌ترین سهم را به عنوان آلاینده مسئول آلودگی هوای شهر ارومیه بر عهده دارد. این شرایط با افزایش روند خشک شدن دریاچه ارومیه و وقوع طوفان‌های گردوغبار محلی و منطقه‌ای تشدید شده است. بنابراین اجرای اقدامات ضروری در جهت کنترل آلودگی و کاهش سطح تماس افراد جامعه می‌بایست صورت گیرد.

جدول ۱- شاخص کیفیت هوا طی ماه‌های مختلف در سال ۱۴۰۱ (تعداد روز).

پاک	سالم	ناسالم-حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک	فاقد داده
فروردین	۵	۲۳	۳	۰	۰	۰
اردیبهشت	۸	۲۰	۳	۰	۰	۰
خرداد	۱۵	۱۳	۱	۱	۱	۰
تیر	۵	۱۸	۲	۰	۰	۶
مرداد	۱۰	۱۶	۰	۰	۰	۵
شهریور	۰	۳۰	۱	۰	۰	۰
مهر	۲	۲۳	۳	۰	۰	۲
آبان	۰	۲۹	۱	۰	۰	۰
آذر	۰	۲۸	۲	۰	۰	۰
دی	۲	۲۴	۳	۰	۰	۱
بهمن	۱۳	۷	۱	۰	۰	۹
اسفند	۱۶	۱۲	۱	۰	۰	۰

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا؛ AQI؛ ارومیه؛ کیفیت هوا؛  $PM_{2.5}$

بحث

بر اساس نتایج این مطالعه در بررسی شاخص کیفیت هوا در سال ۱۴۰۱ در شهر ارومیه، آلودگی هوا در ۲۱ روز از مجموع ۳۴۲ روز سنجش شده در وضعیت "ناسالم برای گروه‌های حساس" قرار داشت. علاوه بر این مشخص شد که در تمام موارد ذرات معلق، سبب آلودگی می‌باشند. در سال‌های اخیر کیفیت هوا با افزایش روند خشک شدن دریاچه ارومیه و تغییرات اقلیمی ناشی از آن تحت تأثیر طوفان‌های شن قرار گرفته است. علاوه بر این، ارومیه بر اساس تقسیم‌بندی دوارتن در رده اقلیم نیمه خشک قرار دارد. وزش باد بر بستر خشک دریاچه و هجوم سامانه پرفشار می‌تواند از عوامل اصلی غلظت ذرات در این شهر باشد. مطالعات صورت گرفته بر روی دیگر شهرهای ایران نیز ذرات معلق را مسئول اصلی کیفیت نامناسب هوا معرفی کرده است.

بنابراین با توجه به اهمیت بهداشتی آلاینده‌ها، کاهش غلظت آن در هوا و یا کاهش تماس افراد جامعه به‌خصوص گروه‌های حساس مانند کودکان و بیماران ضروری می‌باشد. کیفیت هوای شهر ارومیه از نقطه نظر غلظت ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون را می‌توان از طریق اتخاذ برنامه‌های بلند مدت، حذف منابع محلی آلاینده، اجرای برنامه‌های کاهش بیابان‌زایی، افزایش پوشش گیاهی و جنگل کاری، استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی و انتقال آب به دریاچه به حداقل رساند.

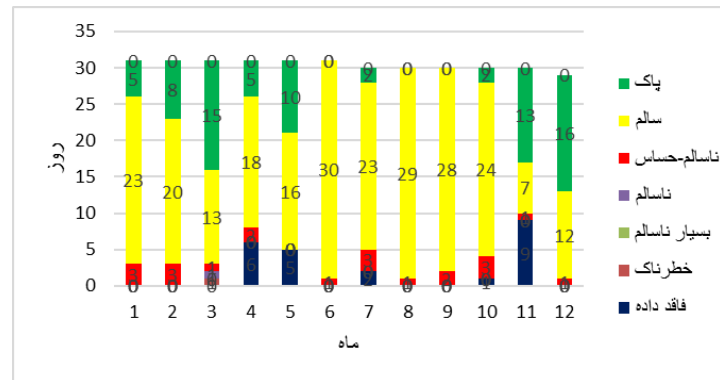
نتیجه گیری

نتایج بررسی داده‌های شهر ارومیه در سال ۱۴۰۱ نشان داد از مجموع ۳۴۲ روزی که کیفیت هوا سنجش شد، حدود ۲۲ درصد روزها در وضعیت پاک، ۷۱ درصد شرایط سالم، ۶ درصد شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس و ۰/۲۹ درصد شرایط ناسالم را تجربه کرده است. با توجه به این‌که آلاینده مسئول در آلودگی هوای شهر ارومیه  $PM_{2.5}$  مشخص شد، لذا باید تدابیری جهت کنترل ذرات معلق در سطح ملی و منطقه‌ای صورت گیرد. ضمن این‌که موقعیت جغرافیایی شهر ارومیه در شمال غرب ایران از نظر ترانزیتی و عبور و مرور خودروهای دیزلی و سنگین، در افزایش غلظت آلاینده‌ها بی‌تأثیر نیست. لذا اجرای اقدامات سخت‌گیرانه نظیر معاینه فنی خودروها، گازسوز کردن و توسعه وسایل نقلیه عمومی می‌تواند در کاهش آلودگی هوا مؤثر باشد. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود جهت برآورد بهتر کیفیت هوای شهر ارومیه تعداد ایستگاه‌های مجهز سنجش آلاینده‌ها به‌صورت یکنواخت در سطح شهر افزایش یابد.

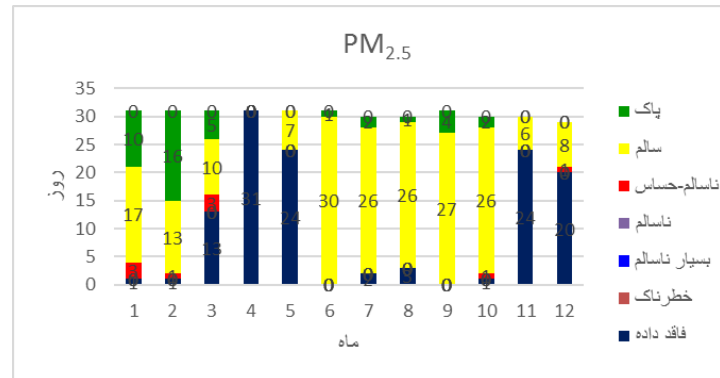
-Kermani, M., Bahrami ASL, F., Aghaei, M., Arfaeinia, H., Karimzadeh, S., & Shahsavani, A. (2014). Comparative. investigation of air quality index (AQI) for six industrial cities of Iran. *Studies in Medical Sciences*, 25(9), 810-81

-Zhang Y, Bocquet M, Mallet V, Seigneur C, Baklanov A. Real-time air quality forecasting, part I: History, techniques, and current status. *Atmospheric Environment Journal* 2012; 60: 632-55.

-Gerivani H, Lashkaripour GR, Ghafouri M, Jalali N. The source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 2011;6.



شکل ۱- نمودار مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی هوای شهر ارومیه در سال ۱۴۰۱ برحسب روز



شکل ۲- نمودار مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی  $PM_{2.5}$  هوای شهر ارومیه در ماه‌های مختلف سال ۱۴۰۱ برحسب روز





بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران  
۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه ارومیه



## بررسی توانایی تفکیک کانی های رسی با استفاده از سنجش از دور در منطقه کهیر چابهار

کژال ملایی (نویسنده مسئول)<sup>۱</sup>، خلیل رضایی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی تهران ([kazhalmolaei884@gmail.com](mailto:kazhalmolaei884@gmail.com))

۲. عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی تهران ([kh.rezaei@gmail.com](mailto:kh.rezaei@gmail.com))

**چکیده:** در این مطالعه به بررسی و شناسایی کانی های رسی با استفاده از روش های موجود در سنجش از دور در منطقه کهیر چابهار پرداخته شده است. روش های مختلف سنجش از دور که روش های نوینی هستند، امروزه جایگزین روش های سنتی اکتشاف معدنی شده اند. انجام مطالعات سنجش از دور برای جمع آوری نقاط اندیس های معدنی مرتبط با کانی های رسی در محدوده هدف می باشد. به همین منظور از روش های متفاوت موجود در سنجش از دور که به شناسایی کانی های رسی به ما کمک می کند، به کار بردیم. این روش های سنجش از دور شامل سه تا روش می شود، که عبارتند از: ۱. ترکیب رنگی کاذب. ۲. نسبت بانندی و ۳. نقشه برداری زاویه طیفی.

**واژه های کلیدی:** کانی های رسی، سنجش از دور، کهیر چابهار.

**۱-مقدمه:** امروزه داده های سنجش از دور نقش بسزایی در اکتشافات معدنی و کاربردهای مختلف زمین شناسی دارند. منابع معدنی در مجموعه تولید نقش انکارناپذیری در توسعه، رشد و آبادانی یک کشور برعهده دارد و اساس اقتصاد و صنعت را بنا می کنند (خوشبازان و رستمی، ۱۳۹۴). با انجام پردازش داده های ماهواره ای می توان تعیین توده های معدنی را در جهت کشف آن ها آسانتر کرد (صفایی و همکاران، ۱۳۹۴). کانی های رسی گروه متنوعی از آلومینوسیلیکات های لایه آبدار هستند که قسمت عمده ای از خانواده ی کانی های فیلسیلیکات را تشکیل می دهند. کانی های رسی اجزای اصلی سنگ های ریزدانه و رسوبات (گل سنگ، شیل ها، رس سنگ ها، سیلتستون های رسی، لجن های رسی، آرژیلیت ها) می باشند (الرئسی و همکاران، ۱۳۹۱).



## بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه



**۲- روش کار:** ۱- RGB(4,6,8). ۲- RGB(4,6,1). ۳- نسبت بانندی: ۱. آلتراسیون (B5/B6). ۲. فنزیت (B4/B5). ۳- نقشه برداری زاویه طیفی: برای بارزسازی کانی های رسی از طیف کانی های زیر استفاده کردیم: آلونیت، آلبیت، هماتیت، اپیدوت، کوارتز، کلسیت، کلریت، دولومیت، گیبسیت، ایلیت، کائولینیت، مسکویت، مونت موریلونیت، پیروفیلیت، ساپونیت.

**۳- نتیجه گیری:** با توجه به روش های مختلف موجود در سنجش از دور که در این مقاله از آن استفاده شده است، شامل: ۱- ترکیب رنگی کاذب: RGB4,6,8 و RGB4,6,1. ۲- نسبت بانندی: آلتراسیون و فنزیت. ۳- نقشه برداری زاویه طیفی: طیف کانی های آلونیت، آلبیت، هماتیت، اپیدوت، کوارتز، کلسیت، کلریت، دولومیت، گیبسیت، ایلیت، کائولینیت، مسکویت، مونت موریلونیت، پیروفیلیت، ساپونیت. این سه روش به دلیل بارزسازی کانی های رسی استفاده شده اند و وجود کانی های رسی را در منطقه مورد مطالعه تأیید می کنند.

### ۴- مراجع:

الرئسی، ع.، زهتاییان، غ.، احمدی، ح.، خسروی، ح.، دستورانی، م.، (زمستان ۱۳۹۱). ارزیابی وضعیت فعلی بیابانزدایی در مناطق بیابان ساحلی با استفاده از معیارهای بیوفیزیک مدل IMDPA (بررسی موردی: منطقه- کهیرکنارک، چابهار). پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی). دوره ۲، شماره ۴ (پیاپی ۹۷): ۴۳-۵۱ ص.

خوشبازان، ی.، رستمی، ذ.، (۱۳۹۴). پتانسیل یابی مواد معدنی با فن سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM + موردی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ساوه. دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تبریز.

صفایی، ص.، فرهنگیان، م.، افشاری، س.، کیانپوریان، ص.، (۱۳۹۴). اکتشاف کانسار آهن سنقر با استفاده از داده های ماهواره ای و مغناطیس سنجی. کنگره بین المللی تخصصی علوم و زمین- انجمن های علمی. دوره ۳۴: ۱-۱۰ ص.

Dolati, A., (2010). Stratigraphy, structural geology and low-temperature thermochronology across the Makran accretionary wedge in Iran (Doctoral dissertation, ETH Zurich).



بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران  
۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه ارومیه



## بررسی و شناسایی مس با استفاده از تکنیک های سنجش از دور در منطقه چادرملو

کژال ملایی (نویسنده مسئول)<sup>۱</sup>، خلیل رضایی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی تهران ([kazhalmolaei884@gmail.com](mailto:kazhalmolaei884@gmail.com))

۲. عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی تهران ([kh.rezaei@gmail.com](mailto:kh.rezaei@gmail.com))

**چکیده:** محدوده مورد مطالعه در مرکز ایران و در شمال شرقی استان یزد قرار دارد، که از جنوب به دشت بهاباد آبدوغی، از غرب به کویر آریز، از شمال به کویر ساغند و کوه تاشک و از شرق به کویر و نمک زار شمال شرقی آبدوغی محدود می شود. در منطقه مورد مطالعه، دگرسانی های مختلفی وجود دارد، مانند: دگرسانی فیلیک، دگرسانی آرژیلیک، دگرسانی پروپلیتیک و برای تفکیک و شناسایی این زون های دگرسانی که در اکتشاف مس اهمیت دارد، در سنجش از دور از چهار روش برای شناسایی و تفکیک آن استفاده کرده ایم. این چهار روش شامل: ۱. ترکیب رنگی کاذب. ۲. نسبت بانندی. ۳. نقشه برداری زاویه طیفی. ۴. آنالیز مؤلفه اصلی.

**واژه های کلیدی:** مس، دگرسانی، چادرملو، سنجش از دور.

**۱-مقدمه:** در دهه های اخیر سنجش از دور به موازات علمی همچون ژئوفیزیک و ژئوشیمی به عنوان یک روش استاندارد در بسیاری از برنامه های اکتشاف معدن به ویژه از مسافت دور و در نواحی نقشه برداری با دقت کم در جهان به طور عمومی و گسترده پذیرفته شده است (محمودآبادی پور و جمالی، ۱۳۹۴). به جای بررسی جداگانه هر روش اکتشافی، روش های مختلف در ارتباط با یکدیگر مورد بررسی قرار گیرند (موسوی، ۱۳۹۷).



بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران  
۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه ارومیه



**۲- روش کار:** ۱- ترکیب رنگی کاذب: ۱. RGB(4,6,1). ۲. RGB(4,6,8). ۳- نسبت بانندی: ۱. بارزسازی دگرسانی فیلیک ((B7+B5)/B6). ۲. بارزسازی دگرسانی آرژیلیک ((B6+B4)/B5). ۳. بارزسازی دگرسانی پروپلیتیک ((B9+B7)/B8). ۳-۳- نقشه برداری زاویه طیفی: تکنیک طبقه بندی SAM برای نقشه برداری توزیع مکانی کانی های شاخص مانند مونت موریلونیت و کائولینیت (به عنوان شاخص منطقه آرژیلیک)، ایلیت و مسکویت (به عنوان شاخص منطقه فیلیک)، اپیدوت و کلریت (به عنوان شاخص زون پروپلیتی) در مناطق دگرسانی اجرا شد (Beygi et al., 2021). ۳-۴- آنالیز مؤلفه اصلی: بیشترین بازتاب و جذب برای دگرسانی فیلیک و دگرسانی آرژیلیک می باشد و با پیکسل های تیره رنگ مشخص شده است و پیکسل های روشن را می توان گفت که دگرسانی پروپلیتیک می باشد.

**۳- نتیجه گیری:** در این مقاله از چهار روش در سنجش از دور برای شناسایی و بررسی مس استفاده کردیم. روش های به کار گرفته شده شامل: ۱- ترکیب رنگی کاذب، ۲- نسبت بانندی، ۳- نقشه برداری زاویه طیفی، ۴- آنالیز مؤلفه اصلی. با توجه به این چهار روش ذکر شده، وجود مس را در منطقه تأیید کردند.

#### ۴- مراجع:

محمود آبادی پور، ط.، جمالی، ح.، (۱۳۹۴). بارزسازی زون های دگرسانی با کمک پردازش تصاویر ماهواره ای ASTER و ETM+ در منطقه طامه (جنوب نطنز). کنگره بین المللی تخصصی علوم و زمین. موسوی، م.، (شهریور ۱۳۹۷). پتانسیل یابی مس با استفاده از تکنیک های سنجش از دور نسبت بانندی و ترکیب رنگی کاذب در شمال زنجان. کنگره بین المللی علوم مهندسی و توسعه شهری پایدار.

Beygi, S., Talovina, I. V., Tadayon, M., & Pour, A. B. (2021). Alteration and structural features mapping in Kacho-Mesqal zone, Central Iran using ASTER remote sensing data for porphyry copper exploration. *International Journal of Image and Data Fusion*, 12(2), 155-175.



# بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه



## ارزیابی کارایی روش نشانگر کاربردی رس در زمینه سنجش مقدار کربن آلی کل

امیر محمودی<sup>۱</sup>، خالد معروفی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نفت و گاز، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

amirmahmoodii1996@gmail.com

۲- استادیار، دانشکده مهندسی نفت و گاز، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

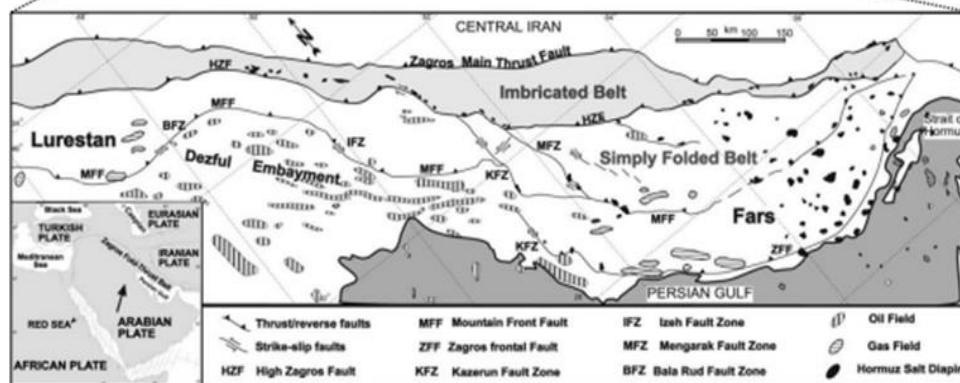
maroufi@sut.ac.ir

### ۱- مقدمه

در ارزیابی سنگ منشاء، سه مشخصه کمیت، کیفیت و درجه بلوغ مواد آلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از کمیت ماده آلی معمولاً با عنوان ماده یا کربن آلی کل (Total Organic Carbon, TOC) نام برده می‌شود. جهت تعیین مشخصات فوق از آنالیزهای ژئوشیمیایی نظیر پیرولیز راک‌ایول استفاده می‌شود. با اینحال، انجام آزمایشات ژئوشیمیایی نظیر پیرولیز راک‌ایول هزینه‌بر بوده و نمونه‌های قابل اعتماد از توالی‌های مستعد سنگ منشاء نیز همیشه در دسترس نمی‌باشند. بنابراین محققان مختلف تلاش کرده‌اند تا سنگ‌های منشاء را از طریق لاگ‌ها شناسایی کرده و غنای آنها را با استفاده از روش‌های تجربی یا هوشمند، مورد سنجش قرار دهند. مهمترین روش تجربی در این زمینه، روش  $\Delta\text{LogR}$  می‌باشد (Passey et al., 1990). اخیراً روشی جدید با نام روش نشانگر کاربردی رس ( $I_{cl}$ , practical clay indicator) نیز توسط Zhao و همکاران معرفی شده است (Zhao et al., 2016). اما تاکنون کارایی روش اخیر در مورد سنگ منشاءهای ایران مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

### ۲- زمین شناسی منطقه

مطالعه حاضر بر روی سازند پابده در یکی از میدین ناحیه فروافتادگی دزفول انجام شده است. فروافتادگی دزفول یک رویداد ساختمانی در جنوب غرب تراس زاکرس است (شکل ۱) که در آن سازند آسماری فاقد رخنمون است (مطیعی، ۱۳۷۲). وجود تمامی عوامل مورد نیاز برای تشکیل سیستم‌های نفتی شامل سنگ منشاء غنی از ماده آلی، سنگ مخزن تراوا و متخلخل، پوشش سنگ‌های کارا و تله‌های تاقدیسی، این ناحیه را بعنوان مهمترین منطقه نفتی کشور معرفی کرده است (Alizadeh et al., 2018). توالی‌های مناسب سنگ منشاء از ژوراسیک تا پالئوسن گسترش داشته و شامل سازندهای متنوعی نظیر سرگلو، گرو، کژدمی، گورپی و پابده هستند. بطور کلی، سازند پابده (پالئوسن میانی تا الیگوسن پسین) در فروافتادگی دزفول، فارس، بخش‌هایی از لرستان و کشور عراق گسترش دارد و عمده لیتولوژی این آن، شیل، مارن، سنگ آهک رسی، و سنگ آهک می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۲).



شکل ۱- جایگاه جغرافیایی و ساختاری ناحیه چین خورده زاگرس و زیرزون‌های آن (Maroufi and Zahmatkesh, 2023)



# بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه

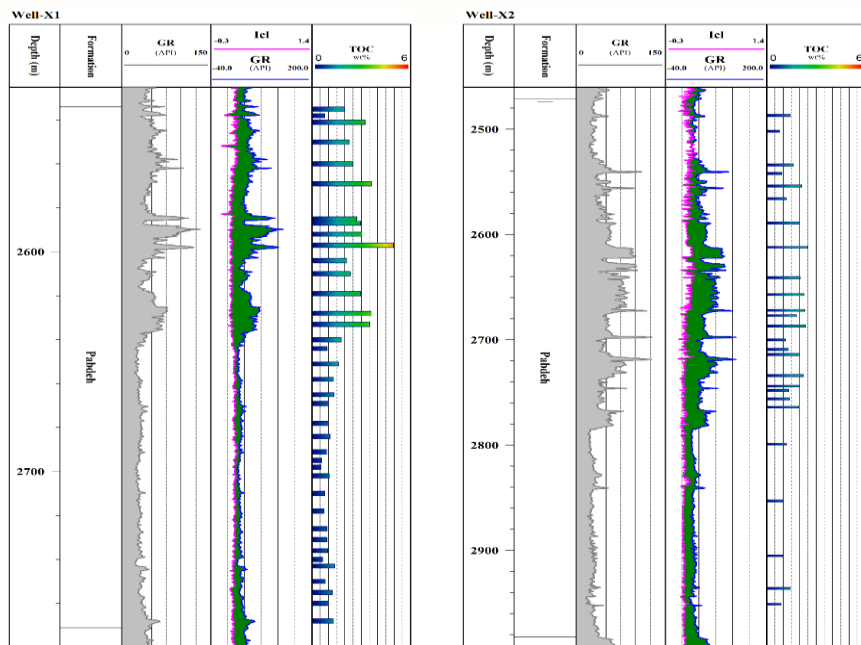


## ۳- روش مطالعه

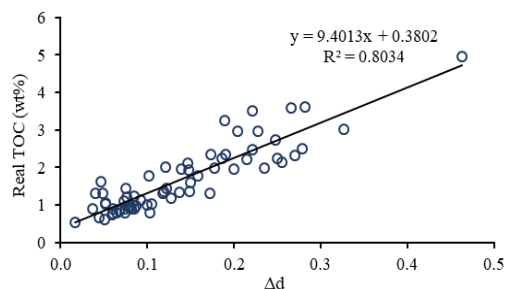
جهت انجام این مطالعه، ابتدا ۷۵ نمونه خرده حفاری از ۳ حلقه چاه یکی از میداین ناحیه فروافتادگی دزفول اخذ شده و تحت آزمایش پیرولیز راک ایول قرار گرفت. سپس از دو روش نشانگر کاربردی رس و  $\Delta \log R$  به منظور سنجش TOC از طریق لاگ‌ها بهره گرفته شد. در نهایت نتایج حاصل از روش‌های تجربی مذکور با مقادیر واقعی حاصل از آزمایش راک ایول مورد مقایسه قرار گرفت.

## ۳-۱- روش نشانگر کاربردی رس

مبنای این روش بر این اصل استوار است که افزایش لاگ گاما معلول افزایش کانی‌های رسی و همچنین مواد آلی است و در صورتی که مبنایی برای تعیین میزان گامای حاصل از کانی‌های رسی وجود داشته باشد، مابقی گامای ثبت شده وابسته به میزان مواد آلی خواهد بود. بر همین اساس این محققان نشانگر کاربردی رس (Icl) را از اختلاف تخلخل حاصل از لاگ‌های نوترون و چگالی معرفی نمودند. در واقع اختلاف تخلخل محاسبه شده از طریق دو لاگ مذکور (معادلات ۱ تا ۳) در مورد کانی‌های رسی زیاد بوده و معیاری مناسب برای شناسایی این کانی‌ها می‌باشد. در صورتی که مقیاس‌ها به نحوی تعیین شوند که لاگ گاما و لاگ حاصل از مقادیر نشانگر کاربردی رس (لاگ Icl) در لایه‌های غیر منشاء برهم منطبق شوند (مقیاس لاگ گاما در این مطالعه از ۴۰- تا ۲۴۰ و مقیاس لاگ نشانگر رس از ۰/۳- تا ۱/۴ تعیین شد)، جدایش آنها ( $\Delta d$ ) در توالی‌های منشاء معیاری از وجود مواد آلی خواهد بود (شکل ۲). میزان جدایش بر اساس معادلات ۴ تا ۶ محاسبه می‌شود. جدایش  $\Delta d$  معمولاً رابطه‌ای خطی با مقادیر TOC دارد (رابطه ۷) که در آن  $a$  و  $b$  به ترتیب شیب و عرض از مبدا خط هستند و مقادیر آنها با انطباق  $\Delta d$  با داده‌های TOC حاصل از پیرولیز (شکل ۳) بدست می‌آید. در نهایت، با مشخص شدن ضرایب معادله ۷، از آن به منظور سنجش TOC در تمامی نقاط واجد لاگ استفاده خواهد شد (Zhao et al., 2016). در مطالعه حاضر از داده‌های دو چاه (چاه‌های X1 و X2) جهت یافتن رابطه بین جدایش  $\Delta d$  و TOC واقعی استفاده شده و داده‌های مربوط به چاه سوم جهت کارایی روش Icl استفاده شد.



شکل ۲- جدایش لاگ‌های گاما و نشانگر کاربردی رس، و انطباق آن با TOC واقعی سازند پایده در دو چاه X1 و X2



شکل ۳- رابطه بین جدایش  $\Delta d$  و ماده آلی کل سازند پایده در چاه‌های X1 و X2

$$\varphi_{Na} = \frac{\varphi_N}{100} \quad (1) \quad D_a = \frac{(\rho_b - \rho_{ma})}{\rho_f - \rho_{ma}} \quad (2) \quad I_{cl} = \varphi_{Na} - \varphi_{Da} \quad (3) \quad \Delta d = GR' - I_{cl} \quad (4)$$

$$GR' = \frac{GR - GR_{left}}{GR_{right} - GR_{left}} \quad (5) \quad I'_{cl} = \frac{I_{cl} - I_{cl_{left}}}{I_{cl_{right}} - I_{cl_{left}}} \quad (6) \quad TOC = a\Delta d + b \quad (7)$$

#### ۴- بحث و بررسی

مقایسه چشمی  $\Delta d$  با مقادیر واقعی TOC در شکل ۲، رابطه مستقیم آن را با تغییرات ماده آلی هویدا می کند با بهره گیری از فرمول بدست آمده در دو چاه اول (شکل ۳)، مقادیر TOC در چاه X3 به ازای هر قرائت لاگ محاسبه گردید. همچنین از روش  $\Delta \log R$  نیز در این چاه استفاده شد. در نهایت، خروجی های دو روش تجربی مورد نظر به وسیله توابع دقت (ضریب تعیین یا  $R^2$ ) و خطا (میانگین مربعات خطا یا MSE و درصد میانگین مطلق خطا یا MAPE) با داده های TOC واقعی حاصل از ۱۱ نمونه مورد مقایسه قرار گرفت. انطباق مقادیر تخمینی با داده های واقعی، ضریب تعیین برابر با ۰/۸۱ و ۰/۸۰ را به ترتیب برای روش های  $I_{cl}$  و  $\Delta \log R$  مشخص نمود. از سوی دیگر، میزان خطای محاسبه شده برای دو روش، کارایی نسبتاً بالاتر روش  $I_{cl}$  (MSE: ۰/۲۳، MAPE: ۲۵٪) را نسبت به روش  $\Delta \log R$  (MSE: ۰/۴، MAPE: ۲۹٪) آشکار کرد. نتایج روش  $I_{cl}$  نشان داد که میزان TOC سازند پابده در چاه X3 از ۰/۵ تا ۴/۵ درصد وزنی متغیر می باشد (متوسط ۱/۷۵).

#### ۵- نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که جداسازی مابین لاگ های اشعه گاما و نشانگر کاربردی رس با مقدار ماده آلی رابطه مستقیم داشته و بر همین اساس می توان از آن به منظور سنجش TOC استفاده نمود. بررسی کارایی روش نشانگر کاربردی رس در چاه آزمایش، دقت مناسب و خطای نسبتاً پایین روش مذکور را آشکار کرد بطوریکه کارایی آن تا حدودی بالاتر از روش  $\Delta \log R$  می باشد. ضمناً سازند پابده را می توان براساس مقادیر ماده آلی به سه بخش ژئوشیمیایی تقسیم نمود. میزان ماده آلی در بخش میانی بیشتر بوده (عموماً بالاتر از ۱/۵ درصد وزنی) و در زمره سنگ منشاء های خوب-عالی طبقه بندی می شود.

#### مراجع

طیعی، ه.، ۱۳۷۲. زمین شناسی ایران، چینه شناسی زاگرس. سازمان زمین شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.

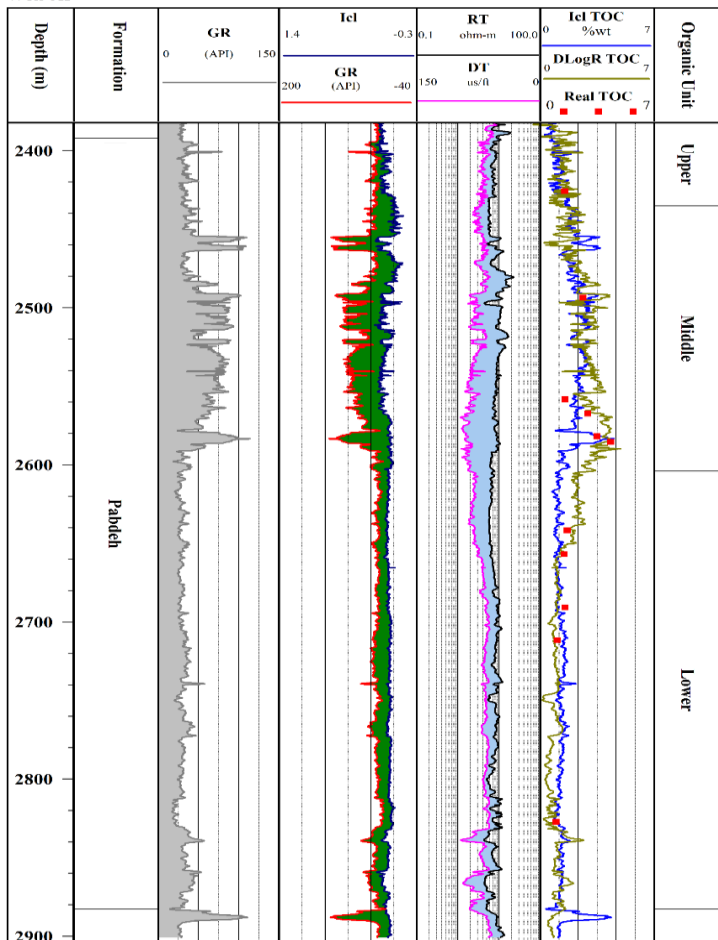
Alizadeh, B., Maroufi, K. and Heidarifard, M. H., 2018. Estimating source rock parameters using wireline data: an example from Dezful Embayment, South West of Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 167, 857-868.

Maroufi, K. and Zahmatkesh, I., 2023. Effect of lithological variations on the performance of artificial intelligence techniques for estimating total organic carbon through well logs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 220, 111213.

Passey, Q., Creaney, S., Kulla, J., Moretti, F. and Stroud, J., 1990. A practical model for organic richness from porosity and resistivity logs. *AAPG Bulletin*, 74, 1777-1794.

Zhao, P., Mao, Z., Huang, Z. and Zhang, C., 2016. A new method for estimating total organic carbon content from well logs. *AAPG Bulletin*, 100, 1311-1327. <https://doi.org/10.1306/02221615104>.

Well-X3



شکل ۴- لاگ ژئوشیمیایی سازند پابده در چاه X3 واقع در فرو افتادگی دزفول

## تحلیل هندسی چین خوردگی مرتبط با گسلش؛ مطالعه موردی چین خوردگی حوضه مغان (شمال غرب ایران)

الهامه مردانی حویق<sup>۱\*</sup>، مهناز رضائیان<sup>۲</sup>، غلامرضا قرايیکلی<sup>۳</sup>، یوناس رووه<sup>۴</sup>، کبری حیدرزاده، امین آزادی خواه<sup>۳</sup>

۱ و ۲- دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان، ایران. [elhame-mardani@iasbs.ac.ir](mailto:elhame-mardani@iasbs.ac.ir)

۳- شرکت ملی نفت ایران- مدیریت اکتشاف

۴- دانشگاه ETH زوریخ

### چکیده

تقسیم‌بندی مورفوتکتونیک گستره مغان معرف سه پهنه است. ساختار چیره شامل تاقدیس‌هایی با یال شمالی پرشیب و گاه برگشته و یال جنوبی کم‌شیب است. گسل‌های رانده اصلی با شیب رو به جنوب مسبب تشکیل آن‌ها هستند. همزمان با رشد چین‌ها، این گسل‌ها عمدتاً یال شمالی تاقدیس‌ها را متأثر کرده و باعث برگشتگی یال شمالی تاقدیس‌های اصلی شده‌اند. هندسه چین‌ها دارای الگوی شاخص تاقدیس‌هایی فشرده با طول موج کوتاه و یال‌های پرشیب و ناودیس‌های فراخ با طول موج بزرگ هستند. سبک دگرشکلی مرهون تهنشست توالی چین‌های ضخیم لایه تخریبی شامل افق‌های شیل و مارنی متعدد است. این لایه‌ها موجب تشکیل افق‌های جدایشی شده که نقش موثری در تعیین عمق و سبک چین‌خوردگی دارند. انطباق موقعیت چین‌ها و تقسیم‌بندی هندسی با پهنه‌های مورفوتکتونیک در حوضه نشان می‌دهد مرزهای پهنه‌های مورفوتکتونیک گسلی است و الگوی هندسی و دگرشکلی تاقدیس‌ها در هر پهنه مورفوتکتونیک از چین جدایشی به انتشار گسل و خمشی تغییر می‌کند.

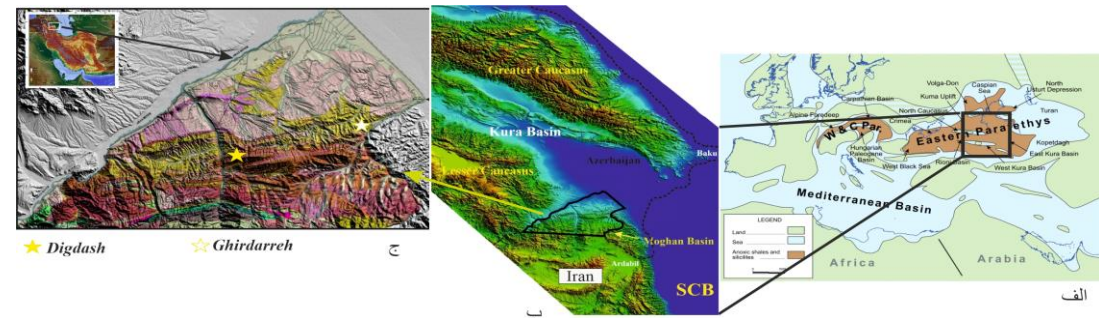
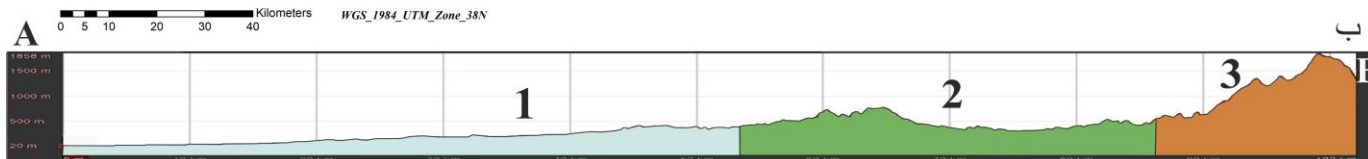
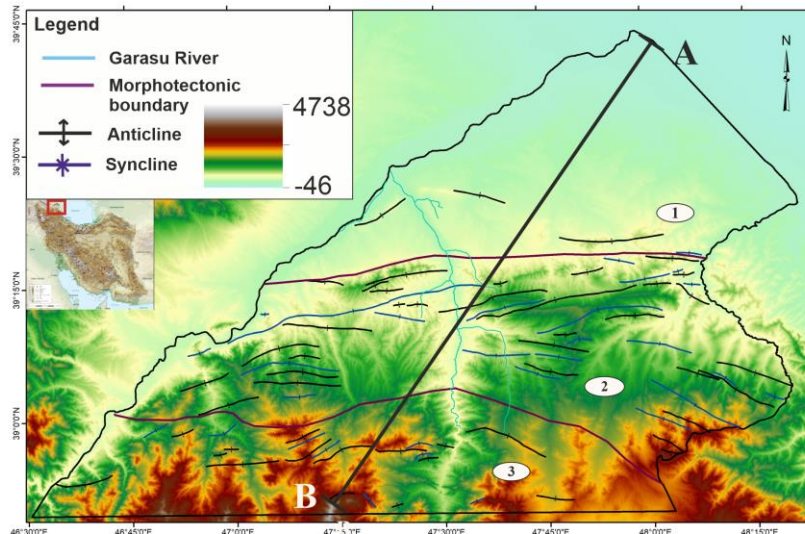
پهنه (۱) محدوده دشت کواترنری مغان با توپوگرافی پست است (جبهه دگرشکلی) و پهنه مستعد از نظر پتانسیل هیدروکربنی است.

پهنه (۲) واحدهای چین‌خورده نئوژن و پالئوژن (جبهه کوهستانی)، منطبق بر پهنه نیمه مستعد است.

پهنه (۳) واحدهای دگرشکل شده پیش از سنوزوئیک، از نظر پتانسیل هیدروکربن پهنه غیرمستعد می‌باشد.

برش توپوگرافی تهیه شده در Google Earth، سه پهنه مورفوتکتونیک با رنگ مجزا در برش توپوگرافی مشخص شده‌است.

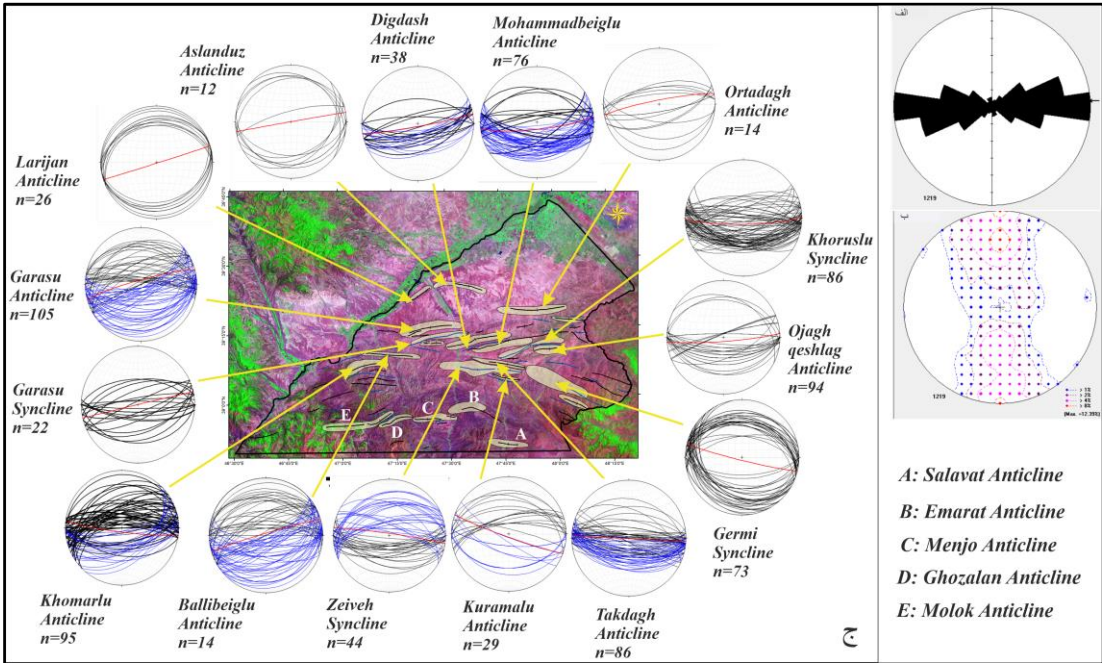
الف



الف

موقعیت حوضه مغان در الف) حوضه پاراتیس، ب) جنوب حوضه کورا، ج) نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ مغان.





نمایش نمودار گل سرخی آزمون  
 امتداد لایه بندی چین های منطقه  
 مورد مطالعه و ب) نمودار قطب داده  
 شیب لایه بندی های چین ها، ج)  
 نمایش آزمون و شیب لایه بندی  
 داده های چین های منطقه به تفکیک  
 تاقدیس ها و ناودیس ها، تغییر روند  
 محوری از بخش شرقی به غربی  
 وجود دارد.

Era	Age (Ma)	Period	Epoch	Sub Epoch	Formation	Thickness	Equeivalent in Azerbaijan	Lithology	Detachment Horizon	Tectonic Event	
NEOGENE	5	Q	PLIOCENE	Upper	Aghchakit	200-450		Recent alluvial Marl and clay, conglomerate		Compression	
	10			Upper	Sarmatian Deposits	150-475	Cherson Rostov Bassarabian Volhynian	Coloured siltstone, silty clay, sandstone			
	15	MIOCENE		Middle	Tortonian Deposits	100-500	Konka Karagan Tarkhan Tehkrak	Brown clay, sandstone, conglomerate. Gray marl and fossiliferous sandstone			
	20			Upper Zivoh	Z3b	350-700		luffaceous sandstone, pink silt and clay			
	25			Lower Zivoh	Z3a	1000	Melikassum	pink silty clay with sandstone			
	30	OLIGOCENE		Upper	Middle Zivoh	Z2	800	Shishnavar	Tuffaceous sandstone with shale		
	35			Middle	Lower Zivoh	Z1b	650	Perembel	Coloured siltstone, silty clay, sandstone		
	40			Lower	Z1a	1200-1500		Coloured silty clay with luffaceous sandstone			
	PALEOGENE	45	EOCENE		Upper	L.Ojag Qeshlaq	140-650	Arkevan	Alternation of marl, silty clay, sandstone		
		50				Peshtasar	30-1000	Peshtasar	Basaltic lava flow		
55		Salm Aghaji				600		Clay, marl, silty clay and sandstone			
60		Middle			Shekarlu	600	Nasli	Clay, marl, silty shale, sandstone with limestone			
65		Lower			Ghara Aghaj	2500	Komoljon	Shale, silty shale, tuffaceous sandstone			
Cretaceous					Gara Su	0-1000		Sandy marly limestone Sandstone, shale		Extension	



ستون چین شناسی تلفیقی حوضه مغان، توالی رسوبات تخریبی پرکننده حوضه مغان با ضخامت بالغ بر ۱۱ کیلومتر بر روی سنگ بستر کرتاسه نهشته شده است. افق های قره آغاج، سلم آغاجی، اجاق قشلاق و زیوه زیرین و بالایی در ستون چین شناسی نقش افق جدایشی را دارند.

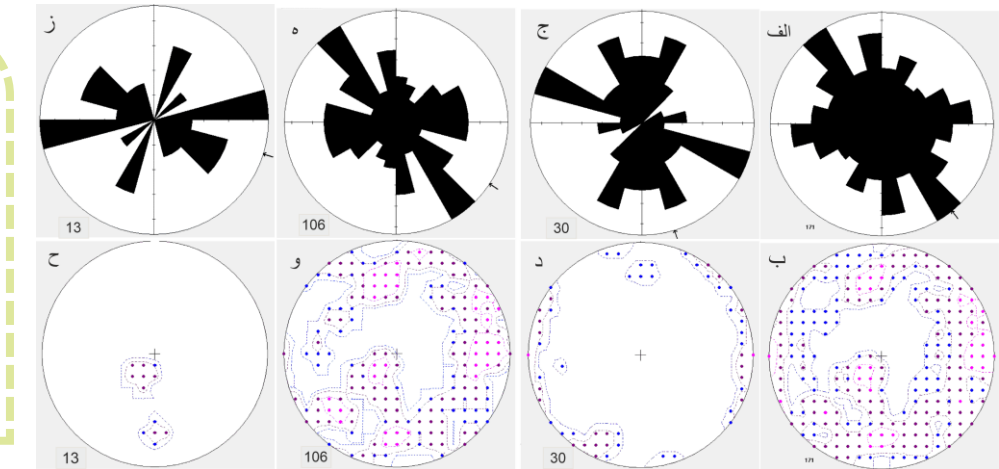
روند ساختاری شرقی-غربی که روند عمومی چین خوردگی و گسلش معکوس در حوضه است نشان دهنده تشکیل چین های حوضه در ارتباط با گسل است. هندسه چین ها، تاقدیس هایی با طول موج کوتاه (هندسه فشرده) و ناودیس های با طول موج زیاد (باز و فراخ) است. الگوی چین خوردگی در حوضه مغان به شدت متأثر از عمق افق های جدایشی است. با توجه به روند جوان شدگی چین ها در حوضه مغان از جنوب به سمت شمال، تغییر الگوی چین خوردگی در دو پهنه ۱ و ۲ مورفوتکتونیک مشاهده می شود چین های پهنه ۲ ابتدا به صورت چین جدایشی تشکیل شده و با توسعه چین خوردگی و تداوم رژیم تکتونیک فشارشی به چین های انتشار گسلی و خم گسلی تبدیل شده اند.

نتیجه گیری

منابع اصلی

Adamia, S., Zakariadze, G., Chkhotua, T., Sadradze, N., Tsereteli, N., Chabukiani, A. and Gventsadze, A., 2011. Geology of the Caucasus: a review. Turkish Journal of Earth Sciences, 20(5), pp.489-544. <https://doi.org/10.3906/ver-1005-11>.  
 Amini, A., 2006. Oligo-Miocene fluvial-dominated deltas on the shelf of the South Caspian Sea (Paratethys). Facies, 52(4), pp.579-597. <https://doi.org/10.1007/s10347-006-0081-1>  
 Berberian, M. and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran: Reply. Canadian Journal of Earth Sciences, 18(11), pp.1764-1766. <https://doi.org/10.1139/e81-163>  
 IFP, 1961, Geological Report No.235, on Moghan Area.  
 LUKOIL, 2007. Geological model creation, delineation and estimation of prospects for Moghan block (Iran), National Iranian Oil Company.

الف) نمایش فراوانی آزمون امتداد کل گسل های حوضه، ب) قطب کل صفحات گسل ها،  
 ج) نمایش فراوانی آزمون امتداد گسل های امتداد لغز، د) قطب کل صفحات گسل های امتداد لغز،  
 ه) نمایش فراوانی آزمون امتداد گسل های نرمال، و) قطب کل صفحات گسل های نرمال،  
 ز) نمایش فراوانی آزمون امتداد گسل های معکوس، ح) قطب کل صفحات گسل های معکوس





بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران  
۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲  
دانشگاه ارومیه



## آشکارسازی هاله‌های دگرسانی و تفکیک واحدهای سنگی با استفاده از سنجش از دور در منطقه میانه

الهام محمودی \* [Mahmoudi5532@gmail.com](mailto:Mahmoudi5532@gmail.com)

خلیل رضایی [Kh.rezaei@gmail.com](mailto:Kh.rezaei@gmail.com)

داده‌های ماهواره‌ای بخاطر داشتن میدان دید گسترده‌تر، توانایی بارزسازی زون‌های دگرسانی باعث صرفه جویی در زمان و نیروی کار می‌شود (بدایه ۱۳۹۲).

زون‌های دگرسان شده بدلیل همراه بودن با دخیار معدنی در مطالعات سنجش از دور مورد توجه هستند. در تحقیق انجام شده از باندهای (VNIR)، (SWIR) (TIR) سنجنده استر (ASTER) برای شناسایی علائم کانی‌سازی سطحی در منطقه جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی بین  $37^{\circ}, 30'$  و  $47^{\circ}, 30'$  و  $48^{\circ}, 00'$  و  $37^{\circ}, 00'$  مورد بررسی قرار گرفته‌است.

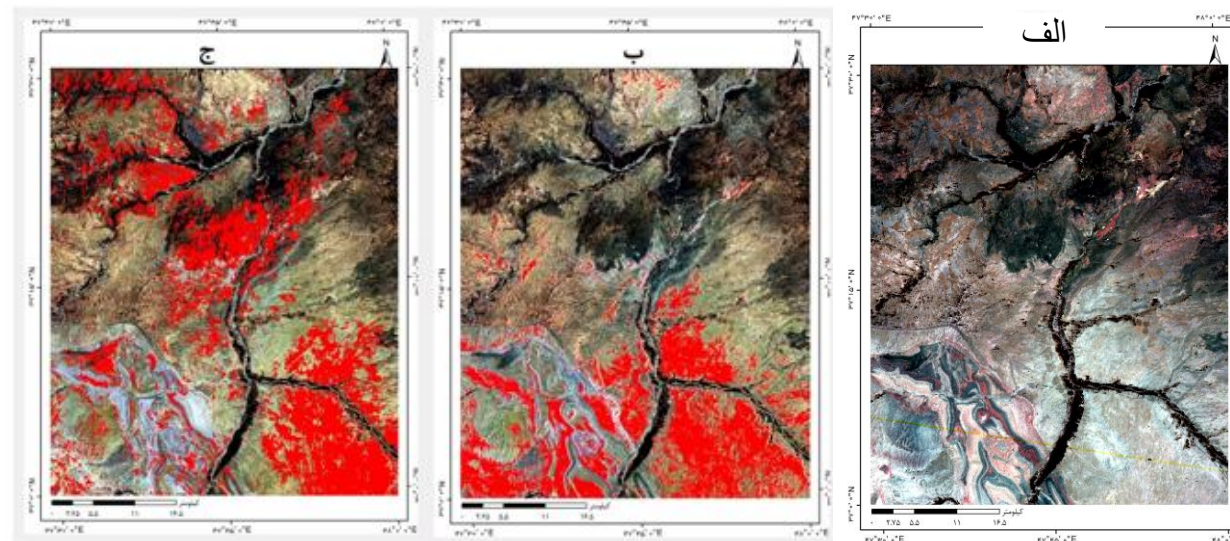


محدوده ۱۰۰۰۰۰۰ میانه در آذربایجان شرقی

**FC C** در ترکیب رنگی ۴۶۸ کانی‌های رسی و اپیدوت هستند که به رنگ سبز کم رنگ، کائولینیت و کلریت، به رنگ صورتی و کربنات‌ها به رنگ آبی کم رنگ دیده می‌شوند.

**LS - fit**: در این روش با استفاده از باند SWIR-b5 برای مشخص کردن مناطق دارای کربنات (شکل ۵ ب) و از باند TIR-10 برای کانی‌های رسی و کلسیت دار استفاده شده‌است (شکل ۵ ج).

تصویر الف ترکیب رنگی ۴۶۸  
تصویر ب و ج نتایج بدست آمده از روش پیش  
بینی خطی



**نتیجه گیری:** نتایج نشان می‌دهد که در ترکیب رنگی ۴۶۸ رنگ آبی کم رنگ نشان از کربنات‌ها است و این نقاط در تصاویر ۵-ب نیز تکرار شده است. با مقایسه این تصاویر مشخص گردد این محدوده‌ها در نقشه زمین‌شناسی منطقه با نام مارن و رس با میان لایه های از کنگلومرا ، ماسه سنگ: گچ و آهک آب شیرین نام‌گذاری شده‌اند. همچنین منطقه مشخص شده در تصاویر ۵-ج نشان دهنده مناطق دگرسانی آرژیلیک یا همان کانی‌های رسی هستند. در بخش جنوب‌غربی محدوده رسوبات عهدحاصر رودخانه‌ای دیده می‌شود، طبق تصاویر بدست آمده این مناطق مستعد داشتن مواد معدنی آهن دار است.

#### منابع

بداغی، م. (۱۳۹۲). کاربرد فنون سنحش از دور در شناسایی و استخراج زون های دگرسانی (مطالعه موردی: منطقه سیاه کوه در شرق ورقه ۲۵۰۰۰۰:۱ زمین شناسی حاحی آباد)، دانشگاه هرمزگان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

Di Tommaso, I. and N. Rubinstein (2007). "Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina." Ore Geology Reviews **32**(1-2): 275-290.

Mia, B. and Y. Fujimitsu (2012). "Mapping hydrothermal altered mineral deposits using Landsat 7 ETM+ image in and around Kuju volcano, Kyushu, Japan." Journal of Earth System Science **121**: 1049-1057.

Zamyad, M., P. Afzal, M. Pourkermani, R. Nouri and M. R. Jafari (2019). "Determination of hydrothermal alteration zones using remote sensing methods in Tirka area, Toroud, NE Iran." Journal of the Indian Society of Remote Sensing **47**: 1817-1830

سیماهای ژئوشیمیایی عناصر نادر خاکی پهنه دگرسانی آرژیلیک وابسته به گرانیته: مطالعه موردی بر روی منطقه گوزل بلاغ، جنوب شرق شاهین دژ، شمال غرب ایران

سمانه محمدپور قورچی \*1، علی عابدینی2

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

2-استاد زمین شناسی اقتصادی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

ls.bmohrad@gmail.com 2

abedini2020@yahoo.com

### 1-مقدمه

عناصر نادر خاکی به طور گسترده ای در ارانه مدل های پتروژنتیکی و تحولات سنگهای آذرین، دگرگونی و رسوبی مورد استفاده قرار می گیرند. از این عناصر به علت حساسیت زیاد به عملکرد فرایندهای گرمایی، به وفور در تعیین شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل و توسعه سامانه های دگرسانی آرژیلیک با کانسارهای فلزی بهره گرفته می شود. منطقه گوزل بلاغ به مختصات جغرافیایی 37° 46' تا 42° 46' طول شرقی و 31° 36' تا 36° 31' عرض شمالی، در فاصله 36 کیلومتری جنوب شرق شهرستان شاهین دژ واقع گردیده است. این منطقه مطالعاتی در جنوب استان آذربایجان غربی (شمال غرب ایران) قرار دارد و بخشی از چهارگوش زمین شناسی 250000: 1: کتاب (علوی ناظمی و همکاران) می باشد.

در این منطقه، عملکرد فرایندهای واکنشی آب- سنگ سبب تبدیل سنگ های گرانیتی پرکامبرین به پهنه دگرسانی آرژیلیک همراه با کانه زایی هابی مس و آهن شده است. علیرغم انجام پژوهش های جامع بر روی سامانه های دگرسانی مرتبط با کانسارهای فلزی در مقیاس بین المللی، تاکنون هیچ مطالعه و پژوهشی بر روی روند توزیع عناصر اصلی، جزئی و نادر خاکی در این پهنه دگرسانی انجام نشده است. در این پژوهش، با تکیه بر مشاهدات صحرایی، بررسی های کانی شناسی و مطالعات ژئوشیمیایی به بررسی فاکتورهای کنترل کننده حرکت، توزیع و غنی شدگی عناصر نادر خاکی و دلایل رخداد پی هنجاری های eU، Ce در طی تکوین پهنه دگرسانی آرژیلیک منطقه گوزل بلاغ پرداخته می شود.

در انجام این پژوهش، بر اساس نتایج به دست آمده از بررسی های صحرایی، تعداد 20 عدد مقطع نازک و 10 عدد مقطع صیقلی از واحدهای سنگی مختلف تهیه و با استفاده از میکروسکوپ دو منظوره در گروه زمین شناسی دانشگاه ارومیه مطالعه شدند. افزون بر این، برای شناسایی فازهای کانیایی نامشخص در پهنه دگرسانی آرژیلیک مبادرت به انجام آنالیزهای پراش پرتو ایکس (XRD) به تعداد 5 نمونه در شرکت معدنی کانساران بیناود گردید. مقادیر عناصر اصلی، جزئی و نادر خاکی تعداد 7 نمونه انتخابی از پهنه دگرسانی آرژیلیک در 1 نمونه انتخابی از سنگ اولیه گرانیتی با حداقل دگرسانی، به روش های ICP-MS و ICP-ES در آزمایشگاه های شرکت Acme کشور کانادا تجزیه شدند. در نهایت، تجزیه و تحلیل-های ژئوشیمیایی لازم بر روی داده های به دست آمده به عمل آمد.

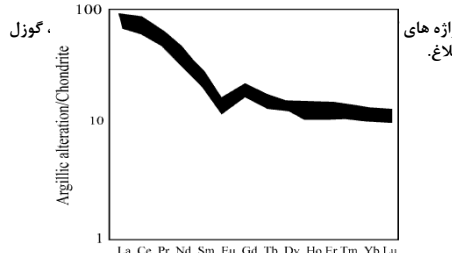
### 2- بحث و بررسی

منطقه گوزل بلاغ از دیدگاه تقسیم بندی زون های ساختمانی ایران (Stocklin, 1968)، در زون ساختاری سندانج- سیرجان و در محل برخورد زون های ساختمانی البرز- آذربایجان و ایران مرکزی قرار دارد. از آتپور، واحدهای مختلف سنگی موجود در منطقه گوزل بلاغ بعضاً "خصوصیات زون دگرگونی سندانج- سیرجان را داشته و بعضاً" نیز شباهت با لیتولوژیکی با زون البرز- آذربایجان را نشان می دهند. پیکره سنگی منطقه مورد مطالعه اغلب از سنگ های آذرین با ترکیب گرانیتی به سن پرکامبرین تشکیل شده است. عملکرد فرایندهای دگرسانی بر روی سنگ های گرانیتی در این منطقه باعث تشکیل و توسعه پهنه های دگرسانی مختلفی از جمله آرژیلیک، پرپولیتیک و فیلیک شده است. در بین این سه پهنه دگرسانی، دگرسانی آرژیلیک از وسعت و توسعه بیشتری برخوردار است. نمونه های این پهنه دگرسانی به دو صورت ترد و سفت با رنگ شاخص سفید از بقیه واحدهای سنگی قابل تشخیص هستند. نمونه های ترد اغلب در محل هایی توسعه یافته اند که گسل ها و شکستگی های قائم از فرآیند بیشتری برخوردار هستند. این ارتباط به وضوح نقش فرایندهای زمین ساختی در توسعه سامانه دگرسانی منطقه را آشکار می کند. در این پهنه، در مواردی رگچه ها و ریز رگچه هایی از جنس سیلیس دیده می شود که حاوی کانی های فازداری نظیر پیریت، کالکوپیریت، همتایت و گوئیت هستند. افزون بر این، بعضاً "مالاکیت و آزوریت نیز در بخش های سطحی این رگچه ها و ریز رگچه ها قابل رویت است. پهنه های دگرسانی فیلیک و پرپولیتیک که دارای گسترش محدود هستند، به ترتیب با رنگ های شاخص خاکستری و سبز قابل تمایز از بقیه واحدهای سنگی می باشند.

مطالعات میکروسکوپی بر روی سنگهای گرانیتی منطقه گوزل بلاغ که با شدت های متفاوتی به دگرسانی آرژیلیک تبدیل شده اند، نشان می دهد که پلاژیوکلازها و فلدسپارهای پتاسیم به مجموعه ای از کانی های رسی تبدیل شده و کانی های نیره همراه این دگرسانی متشکل از مگنتیت، پیریت، اپیت، لیمونیت، گوئیت و کالکوپیریت هستند. مطالعات پراش پرتو ایکس (XRD) آشکار می کنند که کوارتز، کائولینیت، اپیت، کربت، مونت-موریلونیت و کلسیت همراه با پلاژیوکلاز مهمترین کانی های حاضر در پهنه دگرسانی آرژیلیک می باشند.

### چکیده

منطقه گوزل بلاغ، در فاصله 36 کیلومتری جنوب شرق شهرستان شاهین دژ، جنوب استان آذربایجان غربی، شمال غرب ایران واقع می باشد. شواهد صحرایی و مطالعات سنگ نگاری نشان می دهند سنگ های گرانیتی پر کامبرین در این منطقه در اثر هجوم سیالات گرمایی به شدت دگرسان شده و با تشکیل و توسعه پهنه دگرسانی آرژیلیک گسترده ای همراه شده اند. مطالعات کانی شناسی نشان می دهند که کوارتز، کائولینیت، اپیت، کلریت، مونت موریلونیت، کلسیت و پلاژیوکلاز کانی های اصلی سنگ ساز این پهنه دگرسانی هستند. محاسبات فاکتور غنی شدگی نشان می دهند که شستشو و تثبیت فاکتورهای اصلی و تاثیر در توزیع عناصر نادر خاکی (REE) در پهنه دگرسانی آرژیلیک مورد مطالعه می باشند. الگوی توزیع REE هنجار شده به کندریت دالان بر تفریق و غنی شدگی REE نسبت به HREE و رخداد آنومالی منفی eU مثبت ضعیف در Ce در طی تکوین پهنه دگرسانی آرژیلیک دارند. تغییرات آنومالی eU مثبت تخریب پلاژیوکلاز های سنگ های گرانیتی و اکسیداسیون پیریت های هیپوزن در طی توسعه فرایندهای آرژیلیکی شدن هستند. رخداد آنومالی مثبت Ce تاثیرات محلول های جوی (سوپوزن) و افزایش فوگاسیته اکسیژن در طی تکوین پهنه دگرسانی مورد مطالعه را نشان می دهد. بررسی های ژئوشیمیایی بیشتر نشان می دهند که تمرکز REE توسط عواملی نظیر تغییرات در شیمی محلول های مسئول دگرسانی، جذب سطحی توسط فازهای رسی فرعی، تثبیت در فازهای کانیایی نومورف و حضور فازهای مقاوم در برابر دگرسانی رخ داده است. در کل به نظر می رسد که تغییرات pH محلول های دگرسان کننده همراه با کاهش درجه حرارت و ناباداری کمپلکس های حامل لاتانیدها نقش مهم و حیاتی در شستشو و تثبیت REE در پهنه دگرسانی آرژیلیک منطقه گوزل بلاغ ایفا نموده اند.



شکل 1) الگوی توزیع عناصر نادر خاکی به هنجار شده به کندریت (Taylor and McLennan, 1985) در پهنه دگرسانی آرژیلیک منطقه مطالعه گوزل بلاغ.

### ادامه بحث

نتایج محاسبات انجام شده بر اساس دادههای مربوط به آنالیز نمونه ها نشان می دهد که شدت دگرسانی در پهنه دگرسانی آرژیلیک به طور متوسط 16/94 در صد است که دالان بر شدت بالای دگرسانی در طی تکوین و توسعه آن در منطقه گوزل بلاغ دارد. یکی از روش های سومند در تفسیر دگرسانی استفاده از ژئوشیمی تغییرات جرم عناصر هست. این روش ها کارایی بسیار بالایی برای محاسبه حرکت و غنی شدگی عناصر در طی فرایند دگرسانی دارد (Duzgoren-Aydin et al., 2002). این روش از یک عنصری که کمترین تغییرات را در طی فرایندهای دگرسانی و هوازگی داشته باشد، برای محاسبات تغییرات جرم استفاده می شود. مطالعات انجام شده نشان می دهد عناصری نظیر Hf، Th، U، Zr، Ti، Nb، Ta در پهنه دگرسانی اغلب بی حرکت بوده، و در محاسبات تغییرات جرم می توانند به عنوان عناصر شاخص کم حرکت استفاده شوند (Wimpenny et al., 2007; Karakaya, 2009; Erkoyun and Kadir, 2011). این عناصر تحت شرایط خاص در طی فرایندهای دگرسانی می توانند دچار حرکت شوند. بررسی-های ژئوشیمیایی نشان می دهند که دامنه تغییرات عنصری نظیر Hf، Zr، Ti، Nb و Ta در پهنه دگرسانی آرژیلیک مورد مطالعه بسیار شدید می باشند.

نتایج محاسبات فاکتور غنی شدگی نشان می دهند که تشکیل و توسعه پهنه دگرسانی آرژیلیک در منطقه گوزل بلاغ به ترتیب با تهی شدگی و غنی شدگی REE همراه بوده است. از آنجایی که pH پایین و بالا به ترتیب باعث شستشو و ترسیب لاتانیدها در سیستم های دگرسانی می شوند

لذا به نظر می رسد که تغییرات pH محلول های دگرسان کننده مهمترین فاکتور کنترل کننده توزیع REE در سیستم دگرسانی منطقه گوزل بلاغ بوده است. به نظر می رسد که محلول های درونزاد با ماهیت pH پایین نقش مهمی در تحرک لاتانیدها داشته و کاهش درجه حرارت با گذر زمان همراه با خنثی شدن محلول های دگرسان کننده در اثر واکنش با سنگ های درونگیر موجب غنی شدگی لاتانیدها را در برخی از نمونه های این پهنه دگرسانی فراهم نموده اند.

الگوهای توزیع عناصر نادر خاکی به هنجار شده نسبت به ترکیب کندریت (Taylor and McLennan, 1985) در پهنه آرژیلیک منطقه گوزل بلاغ غنی شدگی LREE نسبت HREE رخداد آنومالی های منفی eU، مثبت ضعیف Ce نشان می دهند (شکل 1). به نظر می رسد که دو پارامتر در تفریق شدید LREE از HREE در پهنه دگرسانی آرژیلیک مطالعه شده دخیل بوده است: (1) جذب ترجیحی LREE توسط رس-ها و (2) ثبات و پاداری بیشتر کمپلکس-های حاوی HREE در محلول های دگرسان کننده.



## بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران 21 و 22 شهریور ماه 1402 - دانشگاه ارومیه



### 3- نتیجه گیری

مهمترین نتایج حاصل از این پژوهش عبارتند از:

- 1- عملکرد فرایندهای دگرسانی بر روی سنگ های گرانیتی پرکامبرین در منطقه گوزل-بلاغ با توسعه و تشکیل یک پهنه دگرسانی آرژیلیک گسترده همراه شده اند.
- 2- کوارتز، کاتولینیت، اپلیت، کلریت، مونت موریلونیت، کلسیت و پلاژیوکلاز کانی های اصلی سنگ ساز پهنه دگرسانی هستند.
- 3- شستشو و تثبیت دو فاکتور اصلی در توزیع REE در پهنه دگرسانی آرژیلیک مورد مطالعه می باشند.
- 4- تغییرات آنومالی Eu دلالت بر تخریب پلاژیوکلاز های سنگ های گرانیتی و اکسیداسیون پیریت های هیپوزن در طی توسعه فرایندهای آرژیلیکی شدن دارد.
- 5- آنومالی مثبت Ce تاثیرات محلول های جوی و افزایش فوگاسیته اکسیژن در طی تکوین پهنه دگرسانی مورد مطالعه را پیشنهاد می نماید.
- 6- تمرکز REE در پهنه دگرسانی توسط عواملی نظیر تغییرات در شیمی محلول های مسئول دگرسانی (pH و Eh)، جذب سطحی توسط فاز های رسی فرعی نظیر کلریت، تثبیت در فاز های کانیایی نئومورف (سفالت های ثانویه) و حضور فاز های کانیایی مقاوم در برابر دگرسانی نظیر زیرکن رخ داده است.
- 7- تغییرات pH محلول های مسئول دگرسانی همراه با کاهش درجه حرارت و ناپایداری کمپلس های حامل لانتانیدها نقش مهمی در شستشو و تثبیت REE در پهنه دگرسانی آرژیلیک منطقه گوزل بلاغ ایفا نموده اند.

محاسبات انجام شده نشان می دهد که بازه تغییرات آنومالی Eu در پهنه دگرسانی آرژیلیک از 0/65 تا 0/70 می باشد. مقدار این آنومالی در سنگ مادر گرانیتی حدود 0/75 است. آنومالی Ce در پهنه دگرسانی آرژیلیک در بازه ای از 0/99 تا 1/11 در نوسان است. مقدار این آنومالی در سنگ مادر گرانیتی 0/95 می باشد. به نظر می رسد کاهش مقدار آنومالی Eu در طی تشکیل و توسعه پهنه دگرسان آرژیلیک در اثر تخریب پلاژیوکلاز های سنگ مادر گرانیتی در طی توسعه سیستم واکنشی آب-سنگ رخ داده است. در واقع کاهش مقادیر آنومالی Eu به موازات کاهش مقادیر Ca و Na از سنگ مادر نشان از دگرسانی پلاژیوکلازها با پیشرفت فرایند دگرسانی دارد. در واقع رخداد آنومالی Eu در این پهنه تابعی از pH محیط و دمای محلول های دگرسانی می باشد. همچنین، کاهش مقدار آنومالی Eu نسبت به گرانیت در طی توسعه پهنه دگرسانی آرژیلیک در منطقه گوزل بلاغ به این دلیل روی داده است که فرایندهای دگرسانی در طی تکوین این پهنه به طور قابل توجهی پیشرفت نموده است. ساز و کار احتمالی دیگری که می تواند باعث کاهش مقدار آنومالی Eu در پهنه آرژیلیک نسبت به سنگ اولیه گرانیتی شود، اکسیداسیون پیریت های هیپوزن و متعاقب آن تشکیل محلول های اسیدی سوپرژن می باشد. افزایش مقدار آنومالی Ce نسبت به سنگ اولیه گرانیتی، مشارکت محلول های جوی (سوپرژن) و افزایش فوگاسیته اکسیژن در طی توسعه پهنه دگرسانی آرژیلیک را پیشنهاد میکند (Cravero et al., 2001; Arslan et al., 2006).

چندین دسته کانی به عنوان میزبانان اصلی REE در محصولات دگرسان شده توسط پژوهشگران و محققان مختلف پیشنهاد شده اند. از جمله این فاز های کانیایی می توان به کانی های رسی (کاتولینیت و اسمکتیت)، کانی های ثانویه فسفاتی، اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (Dill et al., 1997; Pokrovsky et al., 2006; Abedini et al., 2000) اشاره نمود. آنالیزهای XRD تنها فاز های کانیایی را شناسایی کرده اند که فراوانی بالای 4% داشته، لذا کانی های دیگری نیز می توانند میزبان لانتانیدها در این پهنه دگرسانی باشند که توسط آنالیزهای پراش پرتو X شناسایی نشده اند. در این مطالعه، برای شناسایی کانی های میزبان لانتانیدها مبادرت به محاسبه ضرایب همبستگی رتبه ای پیرسون بین عناصر نادر خاکی با سایر عناصر اصلی و جزئی گردید.

همبستگی مثبت متوسط تا قوی بین Y و HREE (0/65 الی 0/93) مبین وجود احتمالی کانی زینوتایم در این پهنه دگرسانی است. همچنین همبستگی مثبت متوسط تا قوی La با 0/59P و Ce با 0/73P و Nd با 0/70P حضور کانی های مونازیت و رابدوفان را در پهنه دگرسانی آرژیلیک مورد بررسی آشکار می کند (Duzgoren-Aydin et al., 2002). همبستگی ضعیف تا منفی REE با Fe (0/38 الی 0/10) نشان دهنده این است که کانی های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن در کنترل و توزیع عناصر نادر خاکی در این پهنه دگرسانی دخالتی نداشته اند. همبستگی مثبت عناصر نادر خاکی سبک با Mg (0/53 الی 0/83) و همبستگی منفی نادر خاکی سنگین با (0/36Mg الی 0/95-) حکایت از این نکته دارد که کانی های کلریت نقش مهمی در توزیع عناصر نادر خاکی سبک در این زون ایفا نموده اند. همبستگی مثبت بین عناصر نادر خاکی سبک با Ti (0/32) الی 0/91) و همبستگی منفی بین عناصر نادر خاکی سنگین با Ti (0/60 الی 0/50-) آشکار می کند که فاز های تیتانیوم دار نقش مهمی در توزیع عناصر نادر خاکی سبک در این پهنه دگرسانی داشته اند. عدم وجود همبستگی های مثبت معنی دار بین Al و Si با REE نشان می دهند که کاتولینیت به عنوان فاز کانیایی اصلی حاضر در این پهنه دگرسانی نقشی در تمرکز لانتانیدها نداشته است. همبستگی مثبت بین Zr با برخی از عناصر نادر خاکی سنگین دلیلی بر نقش کانی های مقاوم در برابر دگرسانی در تمرکز HREE می باشد. محاصل بررسی این روابط عنصری آشکار میکند که حضور فاز های کانیایی مقاوم در برابر دگرسانی، تثبیت در فاز های کانیایی نئومورف و جذب سطحی توسط فاز های کانیایی فرعی نظیر کلریت نقش ارزنده ای در توزیع لانتانیدها در این پهنه دگرسانی ایفا نموده اند.



# بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه



## تعیین اثر مولکولی مخروطیان فسیلی با استفاده از پالئوکموتاکسونومی تجربی برای کمک به بازسازی های دیرینه گیاه و دیرینه اقلیم Determination of the molecular signature of fossil conifers by experimental palaeochemotaxonomy for contribute to paleoplant and paleoclimate reconstructions

علی اصغر ثیاب قدسی<sup>۱</sup>، شایان محرابی علمداری<sup>۲\*</sup>

۱. دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ارومیه

[a.siabeghodsy@urmia.ac.ir](mailto:a.siabeghodsy@urmia.ac.ir)

۲. دانشجوی کارشناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ارومیه

[shayan.mehrab80@gmail.com](mailto:shayan.mehrab80@gmail.com)

### چکیده

در این مطالعه ترپنوئیدها در قسمت های مختلف از بیوترپنوئیدها تا ژنوترپنوئیدها و انواع مختلف آن ها که در کارهای پالئوکموتاکسونومی نیاز هستند، با فرمول شیمیایی و ساختار و آرایش مولکولی بررسی شده اند. همچنین رابطه ای که بین ژنوترپنوئیدها که به صورت رخساره مولکولی در چینه شناسی می باشند با تنوع زیستی دیرینه به خصوص گیاهان و دیرینه اقلیم مطالعه شده است. در ادامه روش مطالعه و نحوه بررسی پالئوکموتاکسونومی بحث شده و در این مقاله تمام نمودارهای بررسی فراوانی در زمان به روش GC-MS که یک نوع آنالیز مولکولی می باشد، صورت گرفته است که در اکثر این نمودارها بازیابی آلیفاتیک و آروماتیک ترین ها نیز بررسی شده است. سپس اطلاعاتی در مورد انواع مخروطیان به صورت خلاصه آمده است که این باعث می شود، مخروطیان با پالئوکموتاکسونومی راحت تر مورد مطالعه قرار بگیرند.

### مقدمه

می توان اقلیم را به ۴ نوع آب و هوا اصلی برای تعیین مقدار بارش و دما و همچنین نوع گیاهان تقسیم کرد. آب و هوای بیابانی، آب و هوای استوایی، آب و هوای معتدل و آب و هوای قطبی می باشند که نوع قطبی بیشتر برای گیاهان مناسب نمی باشد و در پالئوکموتاکسونومی از اهمیت خاصی برخوردار نیست. در آب و هوای بیابانی که دارای بارش کم و دمای خیلی زیاد می باشد، رخساره های مولکولی (Molecular facies) دارای نشانگرهای زیستی اسید آبیان (Abietane acid) با فرمول شیمیایی  $C_{20}H_{36}$ ، رافینوز (Retene) با فرمول شیمیایی  $C_{18}H_{18}$  و فروگینول (Ferruginol) با فرمول شیمیایی  $C_{20}H_{30}O$  وجود دارند. در آب و هوای معتدل بارش و دما متوسط می باشد و نشانگرهای زیستی همچون کادالن (Cadalene) با فرمول شیمیایی  $C_{15}H_{18}$ ، رافینوز و فروگینول وجود دارند. آب و هوای استوایی نیز دارای نشانگرهای زیستی کادالن، رتینوئیک اسید (Retinoic acid) با فرمول شیمیایی  $C_{20}H_{28}O_2$ ، اسید آبیان، رافینوز و فروگینول می باشد. ویژگی هایی که در حال حاضر در مورد نشانگرهای زیستی گیاهی وجود دارد، عبارت اند از اینکه در پیشینه رسوبی وسیع و گسترده هستند و همچنین به گونه های گیاهی در صورتی که دارای ارزش پالئوکموتاکسونومی هستند، مربوط می باشند. با این وجود دانش فعلی در پالئوکموتاکسونومی ضیف و نسبتاً کم می باشد.



## بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲ دانشگاه ارومیه



### بحث و بررسی روش پیرولیز

برای انجام این آزمایشات دماهای ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۲۸۰ و ۳۰۰ درجه سانتی گراد مطح می‌باشند. در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد، اسیدهای n و شاخه دار، دی‌هیدروآبتول‌ها، اسید آبتیک و اسید دی‌هیدروآبتیک هنوز وجود دارند. بسیاری از اسیدهای n و شاخه دار و ترکیبات ناشناس که در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد وجود دارند، اکنون فراوانی کمتر داشته یا وجود ندارند. توزیع ترکیبات شسته شده در پنجره زمان ماندگاری دی‌ترپنوئید از ۲۵۰ درجه سانتی گراد تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد مشابه است. در این محدوده دما، اسید دی‌هیدروآبتیک تنها اسید آبتانوئیک موجود است و نسبت به اسیدهای n و شاخه‌دار فراوان‌تر است. دی‌هیدروآبتول‌ها هنوز قابل شناسایی هستند. در مرحله دوم، تبدیل اسید دی‌هیدروآبتیک به محصولات دیاژنتیکی آن به منظور تعیین دمایی که در آن وسیع‌ترین توزیع نشانگرهای زیستی آبتانوئیک به دست می‌آید، دنبال می‌شود. در واقع، همه این ترکیبات، از کمتر تا بیشتر تکامل یافته دیاژنتیکی، در ژئوسفر گسترده هستند. با این هدف، بازسازی کل غیر متبله به دست آمده از تجزیه در اثر حرارت انجام شده بدون  $LiAlH_4$  مطالعه می‌شود تا از تداخل اسیدهای n و شاخه‌دار جلوگیری شود. شکل زیر فراوانی نسبی نشانگرهای زیستی آروماتیکی را نشان می‌دهد که در دیاژنز اسید دی‌هیدروآبتیک در دماهای مختلف تجزیه در اثر حرارت (۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۲۸۰ و ۳۰۰ درجه سانتی گراد) دخیل هستند. محصولات تجزیه اسید دی‌هیدروآبتیک به دست آمده، دی‌هیدروآبتین‌ها، سیمونلیت (Simonellite)، تراهایدرورافینوژ (Tetrahydroretene) و رافینوژ (Retene) هستند که از طیف جرمی شناسایی می‌شوند (Philp 1985).

### نتیجه گیری

پالئوکموتاکسونومی تجربی یک رویکرد مناسب و همچنین نوآورانه‌ای می‌باشد. کار آن بررسی ترکیب مولکولی گیاهان فسیلی فعلی آن‌ها می‌باشد و سیستم مولکولی مرتبط می‌کند. پالئوکموتاکسونومی گیاهی که دارای نشانگرهای زیستی گیاه می‌باشد به دو بخش دیرینه گیاه‌شناسی که در آن به بازبایی و تشخیص بقایای گیاهی بافت‌های زمین‌شناسی و همچنین استفاده از آن‌ها در بازسازی محیط‌های قدیمی و تکامل حیات و همچنین گیاهان می‌پردازد. بخش دوم نیز گرده‌شناسی می‌باشد که در آن ذرات و گرده‌های گیاهی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. همچنین برای گسترش پالئوکموتاکسونومی باید روی سایر گروه‌های گیاهی مثل نهان‌دانگان، خزه‌تباران، سرخس‌تباران و سرخس‌ساران کار کرد و باید روی سایر موجودات زنده همچون باکتری‌ها، موجودات پلانکتونی و حیوانات و غیره نیز کار شود. همچنین در هدف قرار دادن ارگانسیم‌هایی که دارای منافع دیرینه محیطی (Paleoenvironmental) هستند، ضروری می‌باشد.

### منابع

Barrero, A.F., Sanchez, J.F., Alvarez-Manzaneda, M., Hai "dour, A., 1993. Terpenoids and sterols from the wood of *Abies pinsapo*. *Phytochemistry* 32, 1261–1265.

Hautevelle, Y., Michels, R., Lannuzel, F., Malartre, F., Trouiller, A., 2006. *Organic Geochemistry* 37. Elsevier, 1546\_1561.

Hautevelle, Y., Michels, R., Malartre, F., Trouiller, A., 2006. Vascular plant biomarkers as proxies of palaeoflora and palaeoclimatic changes at the Dogger/Malm transition of Paris Basin (France). *Organic Geochemistry* 37, 610–625.

Otto, A., Wilde, V., 2001. Sesqui-, di- and triterpenoids as chemosystematic markers in extant conifers – a review. *Botanical Reviews* 67, 141–238.

Simoneit BRT. 1986. Cyclic terpenoids of the geosphere. In: Johns RB, editor. *Biological markers in the sedimentary record*. Amsterdam: Elsevier pp 43–99.

Tuo, J., Philp, R.P., 2005. Saturated and aromatic diterpenoids and triterpenoids in Eocene coals and mudstones from China. *Applied Geochemistry* 20, 367–381.

Venkatesan, M.I., Ruth, E., Kaplan, I.R., 1986. Terpenoid hydrocarbons in Hula peat: structure and origins. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50, 1133–1139.

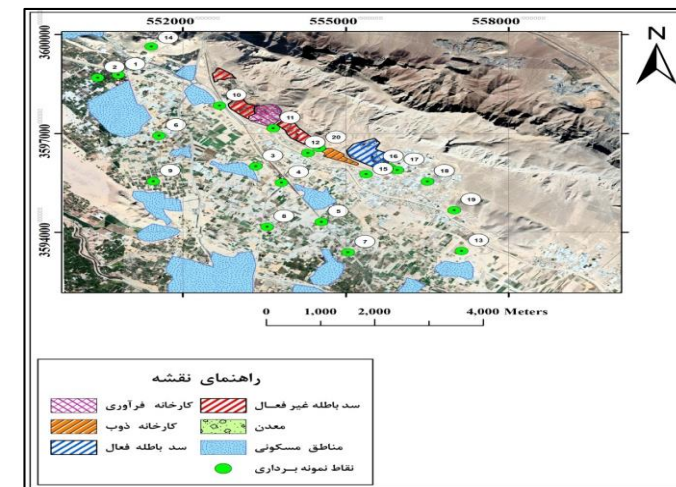
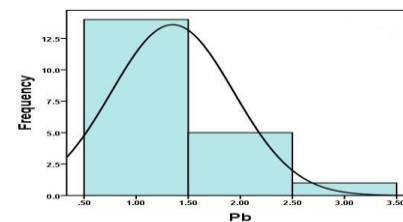
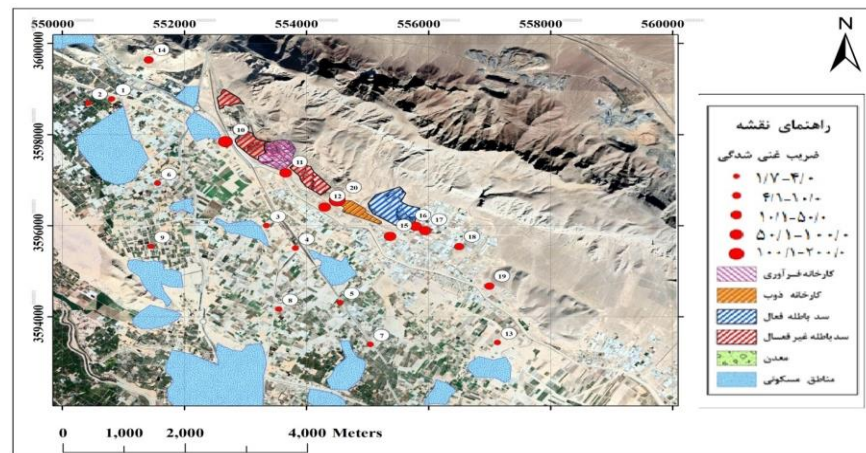
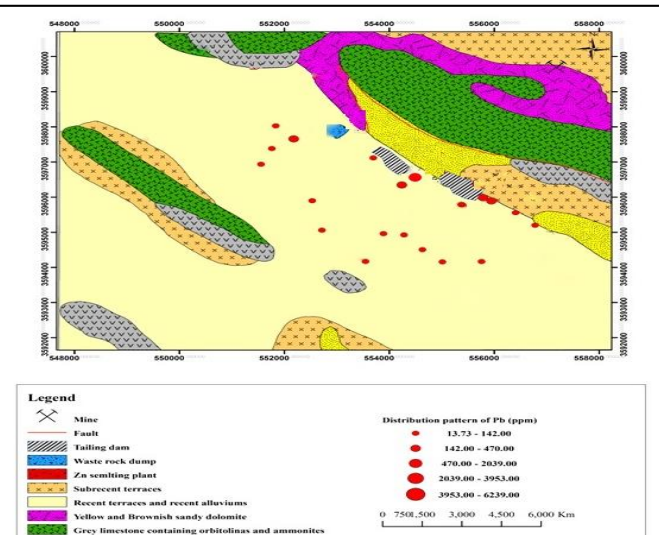
## ارزیابی آلودگی خاک‌های اطراف معدن سرب و روی ایرانکوه به عنصر سرب (جنوب غرب اصفهان)

### مهرآسا اسکندری طوری، گیتی فرقانی تهرانی

برای ارزیابی خاک منطقه مورد مطالعه از نظر غلظت سرب، نتایج به دست آمده با میانگین خاک‌های جهانی، ترکیب شیل میانگین، پوسته میانگین و حداکثر غلظت مجاز خاک‌های کشاورزی و مسکونی مقایسه شد. میانگین غلظت عنصر سرب در خاک‌های مورد مطالعه (۴/۲۷۳ میلی گرم بر کیلوگرم)، ده برابر میانگین خاک‌های جهانی (۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم، Kabata-Pendias, 2000) می‌باشد. در شکل ۴ میانگین غلظت عنصر سرب با میانگین خاک جهانی، حداکثر غلظت مجاز این عنصر برای خاک‌های کشاورزی و مسکونی (CCME, 2007)، ترکیب شیل میانگین (Turekian & Wedepohl, 1961) و پوسته میانگین (Kabata-Pendias, 2000) مقایسه شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میانگین غلظت عنصر سرب در نمونه‌های برداشت شده، به ترتیب سه و دو برابر حداکثر غلظت مجاز این عنصر برای خاک‌های کشاورزی و مسکونی (به ترتیب ۷۰ و ۱۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و همچنین ۲۱ و ۱۳ برابر ترکیب پوسته میانگین و شیل میانگین (به ترتیب ۱۳ و ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم) است. نتایج نشان دهنده غلظت بالای سرب در خاک‌های اطراف معدن سرب و روی ایرانکوه می‌باشد.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که فعالیت معدنی باعث افزایش غلظت عنصر سرب در منطقه مورد مطالعه شده است. غلظت سرب در نمونه‌های خاک مورد مطالعه، در مقایسه با حداکثر غلظت مجاز این عنصر در خاک‌های کشاورزی و مسکونی بیشتر است که این امر با توجه به فعالیت کشاورزی گسترده در منطقه و همچنین تمرکز مراکز جمعیتی در پیرامون معدن باید مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این که تمرکز فلزات در خاک می‌تواند به تمرکز آنها در محصولات کشاورزی، و همچنین در غبارهای مناطق مسکونی منجر شود، و با توجه به اثرات منفی سرب بر سلامت انسان، به ویژه کودکان، مدیریت زیست‌محیطی و کنترل منبع آلودگی سرب (توده‌های باطله دپو شده در محدوده مورد مطالعه) و همچنین انجام اقدامات محافظتی همانند پاکسازی خاک در منطقه بسیار ضروری است.

**چکیده**  
هدف از انجام این پژوهش، بررسی غلظت سرب در 20 نمونه خاک سطحی اطراف معدن سرب و روی ایرانکوه می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، غلظت کل عنصر سرب بین 4/18 و 2869mg/kg (میانگین 4/273mg/kg) تغییر می‌کند و بیشترین غلظت در نمونه‌های برداشت شده از پیرامون معدن مشاهده می‌شود. بررسی منحنی توزیع فراوانی عنصر سرب در خاک‌های مورد مطالعه نیز مؤید توزیع غیرنرمال این عنصر سرب است که مؤید تأثیر یک عامل انسانزاد (فعالیت معدنکاری) بر افزایش غلظت سرب در خاک است. بر اساس مقادیر ضریب غنی‌شدگی، نمونه‌های خاک در رده آلودگی اندک (در ایستگاه‌های دور از محدوده معدن) تا بی‌نهایت آلوده (در ایستگاه‌های مجاور سدهای باطله) قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج به دست آمده، مدیریت زیست‌محیطی باطله‌های دورریزی شده در پیرامون معدن اهمیت بسیار زیادی دارد.





## شناسایی اکسیدهای آهن با استفاده از داده‌های سنجنش از دور سنجنده ASTER در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه نو

سرور الهویسی<sup>۱\*</sup>، خلیل رضایی<sup>۲</sup>

### چکیده

امروزه از تکنیک‌های سنجنش از دور استفاده‌های زیادی می‌شود که یکی از کاربردهای مهم آن در اکتشاف ذخایر معدنی می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی پتانسیل و حضور کانی‌سازی احتمالی آهن در محدوده چاه‌نو با مطالعات سنجنش از دور بر روی داده‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک به علاوه مادون قرمز کوتاه (SWIR+VNIR) سنجنده ASTER صورت گرفته است. برای شناسایی نواحی دارای پتانسیل آهن با استفاده از داده‌های سنجنش از دور از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای نظیر نسبت گیری باندی BR، ترکیب رنگی کاذب FCC، روش نقشه برداری زاویه طیفی SAM و روش پیش‌بینی خطی باند Ls\_Fit استفاده شده است.

### ترکیب رنگی کاذب (FCC)

در این روش با قرار دادن باندهای مناسب تصویر در جعبه‌های قرمز، سبز و آبی عوارض مورد نظر مفسر به رنگ‌های دلخواه در تصویر حاصله پدید می‌آیند تا به راحتی عوارض مطلوب از تصویر حاصله استخراج شود. در این مطالعه ترکیب رنگی کاذب باندهای ۱۲۳-RGB برای آشکارسازی اکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت، لیمونیت) با توجه به ویژگی جذب طیفی در محدوده امواج مادون قرمز نزدیک و طیف مرئی (VNIR) استفاده شده است. به علاوه ترکیب رنگی ۴۶۱-RGB نیز برای بارزسازی اکسیدهای آهن استفاده شده است. ترکیب رنگی کاذب باندهای ۴۳۱-RGB به منظور آشکارسازی اکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت، لیمونیت) با توجه به ویژگی‌های جذب طیفی در محدوده امواج مادون قرمز نزدیک و طیف مرئی VNIR مورد استفاده قرار گرفته است.

### 2-3 روش نقشه برداری زاویه طیفی (SAM)

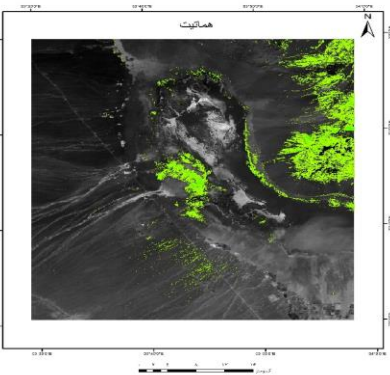
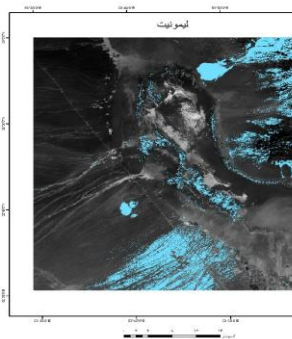
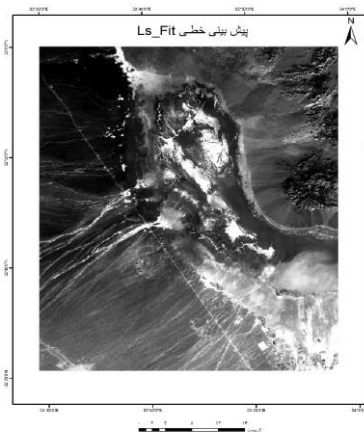
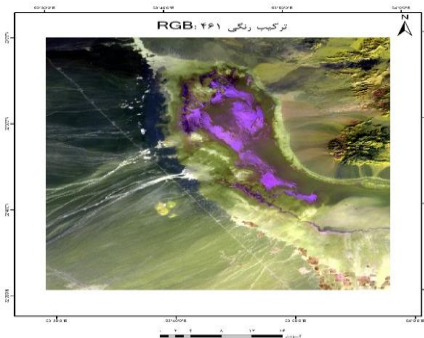
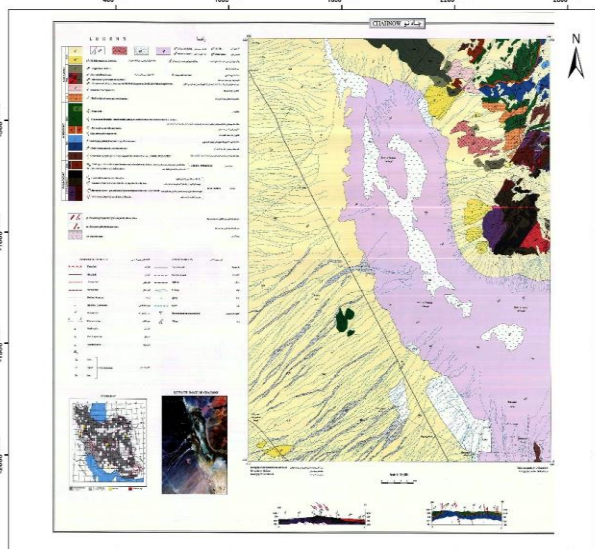
این روش بر اساس مشابهت بین طیف کانی‌های مرجع کتابخانه طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) و طیف ASTER کانی‌های دگرسانی موجود در منطقه انجام گرفت. شباهت بین طیف مرجع و طیف پیکسل تصویر ASTER، به وسیله محاسبه زاویه بین طیف‌ها ارزیابی می‌شود. در این مطالعه با استفاده از پیکسل‌های زاویه طیفی و با استفاده از کتابخانه طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) موجود در نرم‌افزار Envi 5.6 طیف کانی‌های آهن دار (هماتیت و لیمونیت) انتخاب شدند.

### 2-4 روش پیش‌بینی خطی Ls-Fit

در این روش چنانچه در یک رگرسیون خطی فرکانس‌های بالا (جذب) و فرکانس‌های پایین (بازتاب) را که شکل دهنده روند می‌باشند داشته باشیم و بدان یک چندجمله‌ای Fit نموده و نتیجه را از کل روند کسر کنیم تنها فرکانس‌های بالا (جذب) باقی می‌ماند و تصویری تولید می‌گردد که تنها جذب دارد. در این مطالعه باند ۲ دارای بیشترین جذب برای کانی‌های اکسید آهن است به عنوان گروه مدل انتخاب و دیگر باندها به عنوان باندهای پیش‌بینی کننده انتخاب می‌شود.

### ۳- نتیجه گیری

پردازش داده‌های ماهواره ASTER تکنیکی توانمند در پی‌جویی‌های زمین‌شناسی محسوب می‌شود. در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سنجنده ASTER در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه‌نو، با استفاده از روش‌های ذکر شده در پژوهش مورد پردازش قرار گرفتند. نتایج حاصل از روش‌های ذکر شده یکدیگر را تأیید می‌کنند. برای مراحل بعدی اکتشاف ابتدا بهتر است از منطقه نمونه برداری شده و آنالیزهای بدست‌آمده با نتایج حاصل از پردازش تصاویر مقایسه و صحت سنجی شود.



## بررسی خصوصیات کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی حوزه آبخیز سد درودزن - ملاصدرا جهت مصرف شرب

حمیدرضا پورقاسمی<sup>۱\*</sup>، عطیه امین دین<sup>۲</sup>، سید فخرالدین افزلی<sup>۲</sup>، حمزه نور<sup>۳</sup>، مجید محمدی<sup>۴</sup>

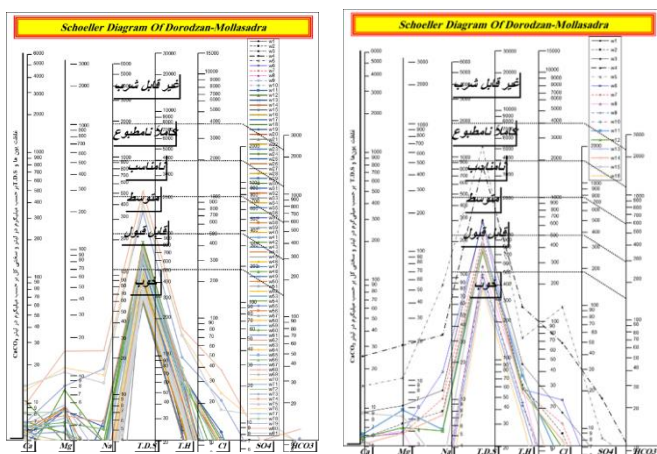
<sup>۱\*</sup> بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

<sup>۲</sup> بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

<sup>۳</sup> بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، ایران

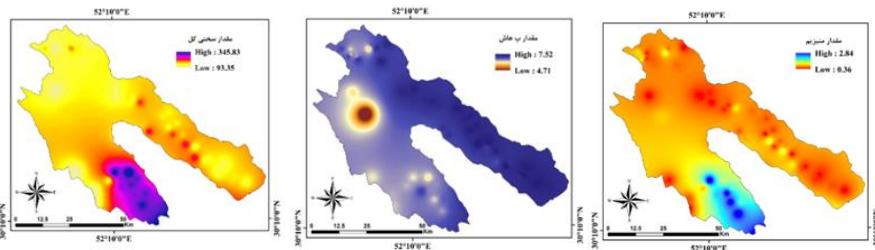
<sup>۴</sup> گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه سمنان، ایران

### نتایج



شکل (۲) نمودار دیاگرام شولر برای طبقه بندی آب زیرزمینی به لحاظ شرب

شکل (۱) نمودار دیاگرام شولر برای طبقه بندی آب سطحی به لحاظ شرب



شکل (۳) مولفه‌های کیفیت آب زیرزمینی در حوزه آبخیز سد درودزن - ملاصدرا

### چکیده و کلمات کلیدی

کشور ایران با قرارگیری در اقلیم خشک و نیمه خشک با چالش کمبود آب مواجه است. بنابراین فراهم نمودن منابع آب کافی که از کیفیت خوبی برخوردار باشد این مشکل را دوچندان کرده است. نتایج نشان داد، ۸۷/۵ درصد از نمونه‌های آب سطحی به لحاظ پارامترهای TDS، TH، Na و Cl در طبقه خوب تا قابل قبول قرار دارند که این مقدار به ۹۳/۷۵ درصد در پارامتر pH و SO<sub>4</sub> خواهد رسید. به علاوه، ۶/۱۹ درصد از نمونه‌های استفاده شده از تجزیه و تحلیل کیفیت آب زیرزمینی، به لحاظ فاکتور pH، در طبقه خوب قرار دارند که این میزان برای فاکتورهای Na، Cl و SO<sub>4</sub> ۹۵/۸۸ درصد است. همچنین، ۹۰/۷۲ درصد و ۸۱/۴۴ درصد از داده‌ها، به ترتیب از نظر مولفه‌های TDS و TH در وضعیت خوب به لحاظ آشامیدن قرار دارد. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات حائز اهمیتی در مورد کیفیت آب سطحی و زیرزمینی منطقه که مورد استفاده بهره‌برداران و سایر کارشناسان مطالعه‌کننده منطقه می‌باشد، را فراهم نماید.

#### واژه‌های کلیدی

آب آشامیدنی، دیاگرام شولر، حوزه آبخیز درودزن - ملاصدرا، آب سطحی و زیرزمینی، میان‌یابی

### مقدمه و اهداف

مسئله کمبود آب برای کشورهایمانند ایران که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است از دیرباز وجود داشته، لذا تامین آب سالم و بهداشتی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های چنددهه اخیر مطرح می‌باشد. همچنین، فراهم نمودن منابع آب کافی و مناسب برای مصارف مختلف که علاوه بر کمیت، وضعیت کیفی مناسبی داشته باشد نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر کمبود منابع آب که معضل اساسی جوامع در عصر حاضر است، آلوده شدن آن مشکلات آب را برای جوامع دوچندان می‌کند.

از آن‌جا که منابع تجدیدشونده آب در هر اقلیمی مقدار نسبتاً ثابتی می‌باشد، از این رو بایستی سیاست‌ها و روش‌های اتخاذ شده در جهت حفظ و مصرف بهینه از این منابع سامان‌دهی گردد. بنابراین هدف مطالعه پیش‌رو، بررسی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و مولفه‌های آن به لحاظ شرب در حوزه آبخیز سد درودزن - ملاصدرا می‌باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش پیش‌رو کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی در حوزه آبخیز سد درودزن - ملاصدرا بر اساس دیاگرام شولر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد کیفیت آب زیرزمینی به لحاظ عوامل مختلف از جمله سختی کل، کلر، سولفات، باقی‌مانده جامد املاح، نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی، پتاسیم و منیزیم در پایین‌دست منطقه مطالعاتی از حساسیت بیشتری برخوردار است. همچنین کیفیت آب سطحی در طبقات خوب تا کاملاً نامطلوب قرار دارد که این مقدار در آب زیرزمینی از طبقه خوب تا غیرقابل شرب متغیر است.

### منابع

پورقاسمی، ح.ر.، محمدی، م.، نور، ح. و افزلی، س.ف. (۱۴۰۱). شبیه‌سازی کاربری اراضی با استفاده از مدل CLUE-s در حوزه آبخیز سد درودزن، نشریه علمی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۶(۵۸)، ۳۱-۲۳.

Schoeller, H. (1964). La classification géochimique des eaux. IASH publication, 64, 16-24.

### روش پژوهش

به‌منظور بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های داخل و اطراف حوزه آبخیز سد درودزن - ملاصدرا استفاده شده است. بدین منظور، از اطلاعات ۱۶ ایستگاه هیدرومتری و ۹۷ ایستگاه بررسی کیفیت آب زیرزمینی داخل و اطراف منطقه مورد مطالعه استفاده شد و با استفاده از روش میان‌یابی وزن فاصله معکوس (IDW)، اقدام به تهیه نقشه این پارامترها برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی گردید. یکی از روش‌های طبقه‌بندی آب برای مصرف شرب انسان استفاده از دیاگرام شولر است. این رده‌بندی بر پایه میزان املاح محلول آب یعنی آنیون‌ها، کاتیون‌ها و ... شش گروه خوب، قابل قبول، نامناسب، بد، موقتاً قابل شرب و غیرقابل شرب تعیین شده است. بنابراین از دیاگرام شولر به‌منظور ارزیابی کیفیت آب جهت شرب استفاده شد.

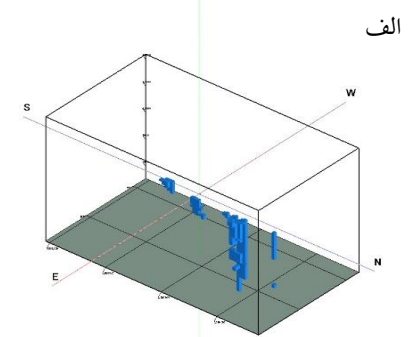
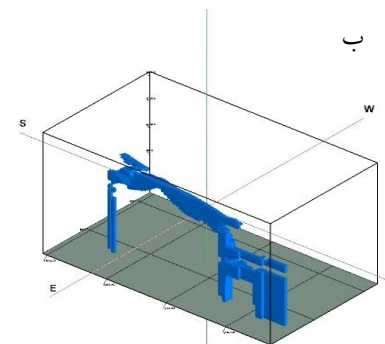
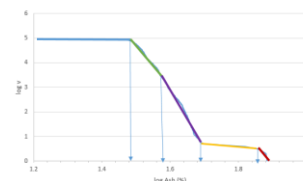
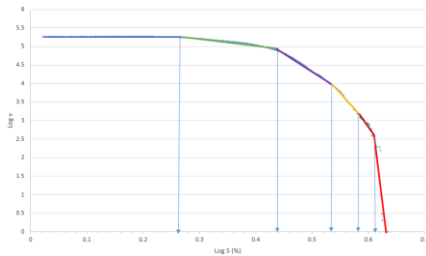
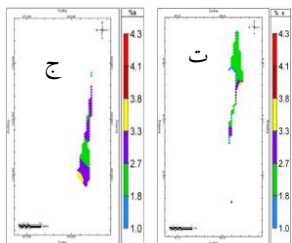
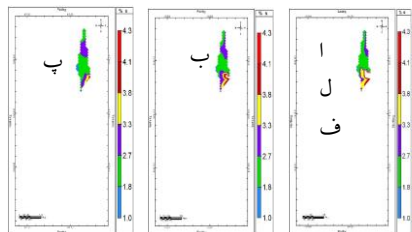
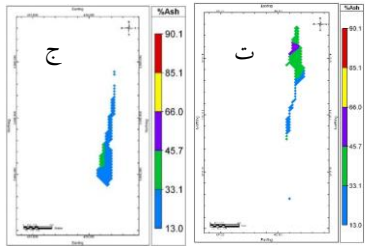
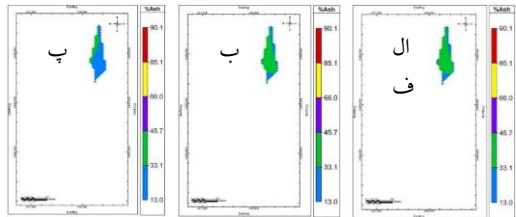
## مدلسازی فرکتالی عیار-حجم برای یافتن بخش‌های مناسب زغال‌سنگ در لایه k7 کانسار کوچکعلی شمالی، طبرس

مجتبی بازرگانی گلشن، مهران آرین، پیمان افضل، لی لی دانشور صائین، محسن آل‌علی

در این پژوهش از مدل فرکتال عیار-حجم به منظور تشخیص بخش‌های مختلف زغال با کیفیت متفاوت بر اساس عیار گوگرد و خاکستر برای لایه k7 استفاده شد. با کیفیت‌ترین بخش زغال در لایه k7 براساس استاندارد روسی از نظر فراوانی گوگرد و خاکستر بخش‌های شمالی غربی لایه می‌باشد که منطبق با مدل فرکتالی عیار-حجم بدست آمده برای خاکستر و گوگرد لایه k7 است. فراوانی خاکستر و گوگرد در لایه k7 در ترازهای ارتفاعی مختلف بجز تراز ۱۰۲۰ متری برای خاکستر روندی شمال-غرب-جنوب شرق را نشان می‌دهد بدین صورت که از جنوب شرقی به سمت شمال غرب کیفیت زغال افزایش می‌یابد. فراوانی عیار گوگرد در تراز ارتفاعی ۹۲۰ متری به حداکثر خود رسیده و از تراز ارتفاعی ۱۰۲۰ متری از میزان آن کاسته می‌شود این امر نشان می‌دهد که حضور پیریت بیشتر در عمق ۷۶۰ تا ۹۲۰ متری محتمل است. در لایه k7 برای سطوح ارتفاعی بالاتر فراوانی درصد بالای خاکستر کاهش می‌یابد که این کاهش می‌تواند در نتیجه فعالیت گسل‌های عمقی در محدوده باشد. مدل فرکتالی عیار-حجم برای خاکستر در لایه k7 انطباق نسبتاً خوبی را با استاندارد روسی نشان می‌دهد.

هدف از این پژوهش تعیین بخش‌های باکیفیت زغال‌سنگ با استفاده از مدل فرکتالی عیار-حجم در لایه زغالی k7 کانسار کوچکعلی شمالی براساس میزان عیار گوگرد و خاکستر است. بر این اساس نمودارهای فرکتالی عیار-حجم برای خاکستر و گوگرد به صورت جداگانه ایجاد شدند بدین ترتیب ۶ و ۷ فراوانی متفاوت را برای خاکستر و گوگرد به ترتیب برای لایه k7 بدست آمد. براساس این مدل فراوانی گوگرد کمتر از ۱.۸۱ و خاکستر کمتر از ۳۳.۱ برای لایه k7 بعنوان عیار مناسب و باکیفیت برای این لایه تشخیص داده شده که منطبق بر استاندارد روسی می‌باشد. با توجه به رسم پلان‌های متعدد در ترازهای ارتفاعی مختلف نشان می‌دهد که با کیفیت‌ترین بخش زغال براساس فراوانی گوگرد و خاکستر در لایه k7 بخش شمال غربی لایه است.

این عیار مناسب گوگرد براساس استاندارد روسی (۱.۸۱ <) در لایه k7 در بخش‌های شمال غربی لایه قرار گرفته است (شکل ۴الف). همچنین مقادیر خاکستر کمتر از ۳۳.۱ براساس استاندارد روسی می‌تواند بعنوان فراوانی تقریباً مناسب خاکستر در نظر گرفته شود (جدول ۴). این فراوانی خاکستر در لایه k7 بیشتر در بخش‌های شمالی لایه قرار گرفته است (شکل ۴ب). براساس استاندارد USGS مقادیر گوگرد بالاتر از ۳.۸۹ درصد به عنوان فراوانی نامطلوب برای گوگرد تعیین شده است و همچنین مقادیر گوگرد بالاتر از ۳.۸۹ درصد می‌تواند رگه‌های نمایریتیک در درز زغال سنگ را نشان دهد (Wood and Kehn, 1976). در مدل فرکتالی بر اساس مقادیر عیار گوگرد در لایه k7 مقادیر بالاتر از ۳.۸ نشان دهنده رگه پیریت در این لایه می‌باشد.





# بیست و ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

## ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه ۱۴۰۲

### دانشگاه ارومیه



## زمین‌شیمی عناصر نادر خاکی سامانه دگرسانی آرتزلیک منطقه آستامال، شمال غرب ووزقان، استان آذربایجان-شرقی، شمال غرب ایران

مهسا بالا زاده\*<sup>۱</sup>، علی عابدینی<sup>۲</sup>، مریم خسروی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

mahsabalazadeh08@gmail.com

۲- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

a.abedini@urmia.ac.ir

۳- استادیار، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

maryamkhosravi22@gmail.com

### چکیده

منطقه آستامال در ۷۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان ووزقان، استان آذربایجان شرقی، شمال غرب ایران واقع می باشد. در این منطقه، عملکرد فرایندهای گرمایی بر روی سنگ های کوارتز مونوزیوریت الیگوسن با تشکیل و توسعه یک سامانه دگرسانی آرتزلیک به نسبت گسترده همراه شده است. مطالعات کانی شناسی نشان می دهند که کوارتز، کانولینیت، ایلپیت، جاروسیت، همتایت، گوتیت و کلریت مهمترین کانی های تشکیل دهنده این سامانه دگرسانی هستند. الگوی توزیع REE نورمالیزه شده به کندریت تفریق و غنی شدگی قوی LREE نسبت به HREE و رخداد آنومالی منفی قوی Eu را در طی آرتزلیکی شدن نمایان می دهند. محاسبات تغییرات جرم با فرض Al به عنوان یک عنصر شاخص کم تحرک نشان می دهند که لاتانیدهای نظیر Pr، Nd، Sm، Gd، Ho، Er و Lu در طی توسعه سامانه دگرسانی آرتزلیک از سیستم به طور بخشی شسته شده و در عوض، La، Ce، Tb، Dy، Tm، Yb و Lu با دو فرآیند شستشو- تثبیت همراه شده اند. مقادیر آنومالی های Eu و Ce در این سامانه دگرسانی به ترتیب در بازه ۲۴/۰-۳۴/۰ و ۹۵/۰-۳/۱ متغیر است. مقادیر (La/Yb)N و (LREE/HREE)N نیز به ترتیب دامنه تغییراتی از ۵۵/۴ تا ۳۹/۹ و ۲۰/۴ تا ۵۳/۵ را نشان می دهند. تلفیق نتایج حاصل از مشاهدات صحرایی، بررسی های کانی شناسی و مطالعات ژئوشیمیایی آشکار می کنند که تغییرات در شیمی محلول های مسئول دگرسانی، همپوشی فرایندهای سوپرزن بر روی فرایندهای همپوزن، حضور کانی های مقاوم در برابر دگرسانی و ناهمگنی سنگ اولیه از مهمترین عوامل کنترل کننده توزیع و تحرک لاتانیدها در طی توسعه و تکامل سامانه دگرسانی آرتزلیک در منطقه آستامال بوده اند.

### مقدمه

پهنه ماگمایی سنوزوئیک اهر اسبازان واقع در شمال غرب ایران به عنوان یکی از مستعدترین پهنه های کشور از نقطه نظر کانسازسازی های فلزی مختلف نظیر ذخایر پورفیری، اسکازن و اپی ترمال شناخته شده است.

از نظر جایگاه زمین ساختی، برخی از محققین، این پهنه از ایران را بخشی از کمربند البرز- ارسباران- قفقاز می دانند (Jamali et al., 2010)، باقی به باور برخی دیگر از پژوهشگران، این پهنه جزئی از کمربند ماگمایی ارومیه دختر است (Ghasemi and Talbot, 2006). مطالعات انجام شده بر روی کانسازهای فلزی این پهنه ماگمایی به طور عمده بررسی ژئو و مکانیسم تشکیل ذخایر، جایگاه تکنو ماگمایی سنگ های آذرین میزبان ذخایر، و ارتباط بین کانی سازی های فلزی و ارتباط بین کانی سازی های درونگیر و فازهای مختلف ماگمایی را شامل می شود (جمالی و همکاران، ۱۳۹۱).

منطقه آستامال، واقع در ۷۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان ووزقان (استان آذربایجان شرقی) به پهنه ماگمایی سنوزوئیک اهر- ارسباران تعلق دارد. در این منطقه، یک سیستم دگرسانی گسترده ای در ارتباط با سنگ های ماگمایی سنوزوئیک توسعه یافته است که تاکنون مطالعه خاصی بر روی آن انجام نشده است. در این پژوهش، سعی شده است که ویژگی های کانی شناسی و ژئوشیمیایی سامانه دگرسانی آرتزلیک این منطقه مورد مطالعه قرار بگیرد. در این مطالعه، جهت نیل به این هدف، با تکیه بر مشاهدات صحرایی، مطالعات کانی شناسی (تیپه و مطالعه ۱۰ مقطع نازک و ۶ آنالیز (XRD) و محاسبات تغییرات جرم عناصر آنالیز ۱۱ نمونه سنگی به روشهای XRF و (ICP-MS)، به بررسی عوامل ژئوشیمیایی موثر در تحرک، توزیع، و غنی شدگی عناصر نادر خاکی و دلایل رخداد آنومالی های Eu و Ce در طی توسعه سامانه دگرسانی آرتزلیک منطقه آستامال پرداخته شده است.

### بیست و

### بررسی

واحدهای آتشفشانی رسوبی کرتاسه مشتمل بر توف آهکی، آهک، توف آندزیتی و آندزیت هستند که بخش قابل ملاحظه ای از منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهند. این واحدها توسط نفوذهای نیمه عمیق الیگوسن تحت تاثیر قرار گرفته اند. این توده های نفوذی شامل گرانودیوریت تا کوارتزیدوریت پورفیری، گرانیت پورفیری، کوارتز مونوزیوریت پورفیری و گرانودیوریت پورفیری هستند. دایک های مشاهده شده در منطقه آستامال به دو دسته، (۱) دایک های دیابازی و (۲) دایک های آندزیتی قابل تفکیک هستند. این دایک ها در راستای برخی از گسلها تریق شده اند. زمان جایگیری این دایک ها حداقل بعد از کرتاسه بوده و به احتمال فراوان، اغلب آنها در زمان الیگوسن و بعد از آن در سنگ های درونگیرشان نفوذ کرده اند. محدوده آستامال، از نظر تکنوتیک گسله (راست لغز همراه با شکستگی های قائم) می باشد. شدت دگرسانی در محل گسل ها شدید می باشد، به طوری که در ارتباط با سنگ های کوارتز مونوزیوریت می توان تشکیل و توسعه سامانه دگرسانی آرتزلیک به نسبت گسترده را مشاهده نمود. همراه با این سامانه دگرسانی، می توان دگرسانی های دیگری نظیر فیلیک، پروپیلیتیک و سیلیسی را رویت کرد.

کانی سازی تیب اسکازنی در کنتاکت توده های نفوذی نیمه عمیق منطقه، به ویژه در کنتاکت توده کوارتز مونوزیوریت پورفیری با واحدهای توف آهکی تا آهک نازک لایه کرتاسه توسعه یافته است. آثار کانی سازی مس به صورت ملائیکت و آزوریت و در بعضی نقاط به صورت کالکوپریت را می توان در سامانه دگرسانی آرتزلیک منطقه مشاهده نمود. بر اساس آنالیزهای XRD انجام شده، سامانه دگرسانی آرتزلیک از یک کانی شناسی ساده ای برخوردار است. این سامانه به طور عمده از کوارتز و کانولینیت تشکیل شده است. این دو فاز کانیایی اصلی توسط فازهای نظیر ایلپیت، جاروسیت، همتایت، گوتیت و کلریت در مقادیر فرعی همراهی می شوند.

ژئوشیمی تغییرات جرم، یکی از روش های کاربردی برای تخمین درجه تحرک عناصر در طی فرایندهای دگرسانی به شمار می رود. عناصری نظیر Zr، Ti، Nb و Hf در طی عملکرد فرایندهای دگرسانی به صورت کم تحرک عمل می کنند و در مطالعه تیرخ های دگرسانی، به عنوان عنصر شاخص کم تحرک مورد استفاده قرار می گیرند. بررسی های انجام شده بر روی نتایج آنالیزهای شیمیایی نشان می دهد که از بین عناصر نامبرده، Al کمترین تغییرات را در طی توسعه دگرسانی آرتزلیک متحمل شده است. از اینرو، در این پژوهش این عنصر به عنوان عنصر کم تحرک انتخاب و مقادیر تپی شدگی و غنی شدگی عناصر نادر خاکی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردیدند:

$$\text{Mass change (\%)} = \left[ \frac{\text{Element Argillic sample}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ Argillic sample}} \right] / \left[ \frac{\text{Element Quartz monzodiorite}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ Quartz monzodiorite}} \right] - 1 \quad (100)$$

محاسبات تغییرات جرم آشکار می کنند که فرآیند تبدیل سنگ های کوارتز مونوزیوریت به سامانه گرسانی آرتزلیک با شستشوی عناصری نظیر Pr، Nd، Sm، Gd، Ho، Er و Lu و شستشو تثبیت عناصری مانند La، Ce، Tb، Dy، Tm، Yb و Lu همراه بوده است (شکل ۱).

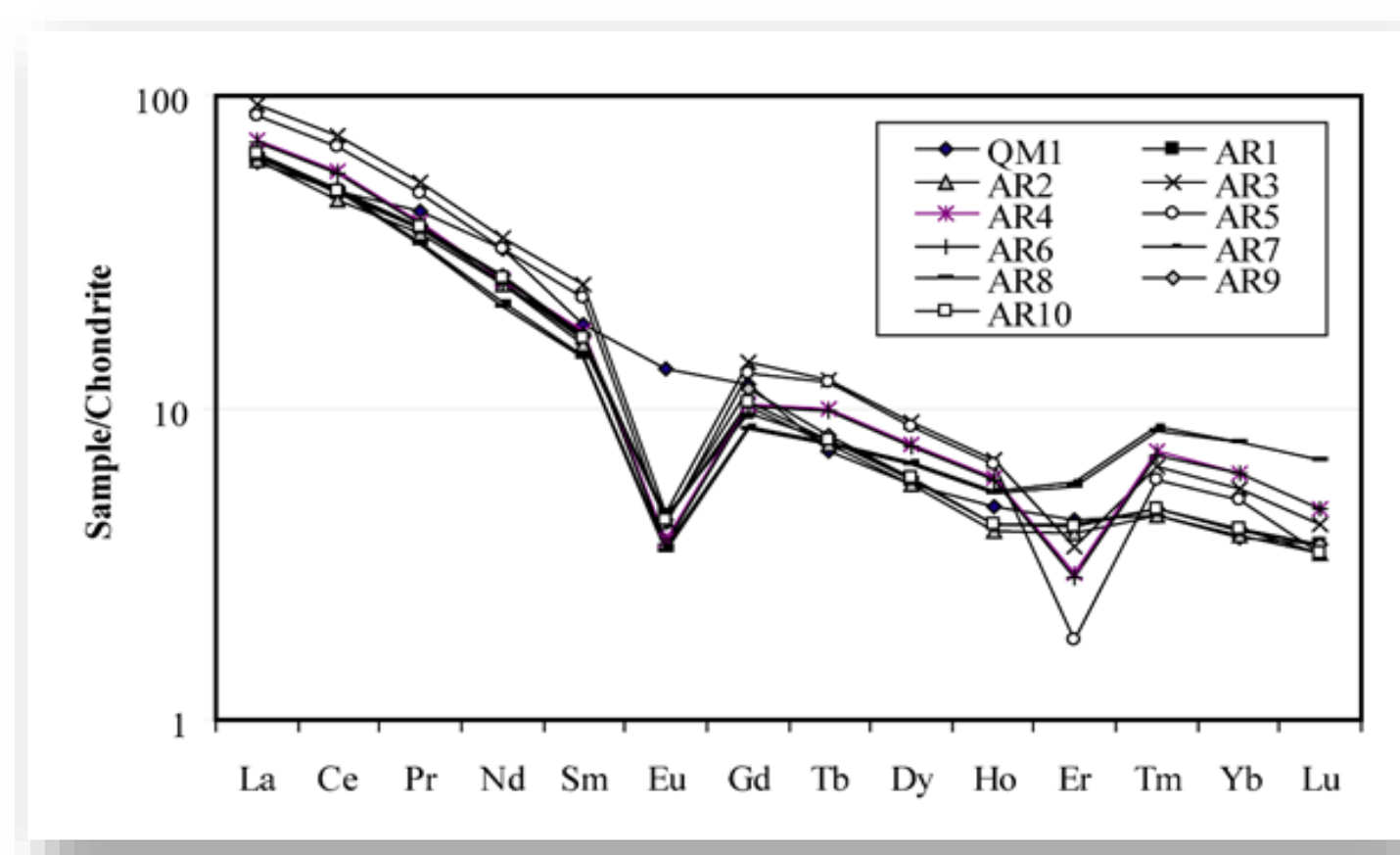
با توجه به کاهش جرم REE در اغلب نمونه ها در طی توسعه سامانه دگرسانی آرتزلیک می توان ادعا نمود که محلول های درونزاد به واسطه ماهیت pH پایین نقش ارزنده ای در تشکیل این سامانه داشته اند. تفسیر مهم دیگری که برای تغییرات جرم لاتانیدها (افزایش جرم در برخی از نمونه ها) در طی توسعه سامانه دگرسانی آرتزلیک می توان تصور شد این است که کاهش درجه حرارت سیال با گذر زمان همراه با خنثی شدن اسیدیته محلول های دگرسان کننده در اثر واکنش با سنگ های درونگیر و ناپایدار شدن کمپلکس های حامل REE موجب غنی شدگی لاتانیدها در برخی از نمونه های سامانه دگرسانی آرتزلیک را فراهم نموده اند. (Abedini et al., 2020) بررسی های انجام شده نشان می دهد که HREE در محیط قلیایی و LREE در محیط اسیدی شسته می شوند. (Patino et al. 2003) با توجه به شستشوی شدید LREE نسبت به HREE می توان ادعا نمود که pH محلول های مسئول دگرسانی در طی توسعه پهنه دگرسانی آرتزلیک خیلی پایین بوده است. وجود تغییرات شدید در میزان غنی شدگی و تپی شدگی این عنصر در دهن تداعی می کند که تغییرات در پتانسیل اکسیداسیون احیا نقش بسیار مهمی در تکوین پهنه دگرسانی آرتزلیک ایفا نموده اند (شکل ۱).

تپی شدگی شدید Eu در کلیه نمونه های آرتزلیک مورد مطالعه مبین تخریب پلاژیوکلازهای سنگ اولیه توسط سیالات دما بالا می باشد. وجود برخی بی نظمی ها در روند تغییرات جرم لاتانیدها در بین نمونه های آرتزلیک می تواند به ناهمگنی سنگ اولیه و حضور فازهای کانیایی مقاوم در برابر دگرسانی نظیر زیرکن مرتبط باشد. توزیع REE درجه تفریق برخی از نسبت های لاتانیدی می توانند به عنوان پروکسی های ژئوشیمیایی بسیار مهمی، اطلاعات خیلی خوبی از منشاء و شرایط فیزیکی شیمیایی تشکیل و توسعه سامانه های دگرسانی آرتزلیک را ارائه نمایند. (Baioumy et al., 2021) الگوی توزیع REE نورمالیزه شده به کندریت (Taylor and McLennan, 1985) دلالت بر تفریق و غنی شدگی قوی LREE نسبت به HREE و رخداد بی هنجاری های منفی قوی Eu در نمونه های آرتزلیک مورد مطالعه دارد (شکل ۲).

تنها اختلاف مهم در وجود آنومالی منفی قوی Eu در نمونه های آرتزلیک است (شکل محاسبه مقادیر آنومالیهای Eu با استفاده از رابطه  $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 2\text{EuN}/(\text{SmN}+\text{GdN})$  ( جاییکه حرف N مبین نورمالیزه شدن عناصر Sm، Eu، Gd به کندریت می باشد) نشان میدهد که مقدار این آنومالی در نمونه های آرتزلیک در بازه ای از ۲۴/۰ الی ۳۴/۰ در نوسان است. مقدار این آنومالی در سنگ کوارتز مونوزیوریت ۸۷/۰ است. این روند کاهشی شدید در مقدار آنومالی های Eu در نمونه های آرتزلیک نسبت به کوارتز مونوزیوریت دلالت بر تخریب پلاژیوکلازهای سنگ اولیه توسط سیالات دما بالا دارد.

محاسبه مقادیر آنومالی های Ce با استفاده از رابطه  $\text{CeCe}^* = 2\text{CeN}/(\text{LaN}+\text{PrN})$  جاییکه حرف N مبین نورمالیزه شدن عناصر Sm، Eu، Gd به کندریت می باشد) نشان می دهد که مقدار این آنومالی در نمونه های آرتزلیک در بازه ای از ۹۵/۰ الی ۰۳/۱ متغیر است. مقدار این آنومالی در سنگ کوارتز مونوزیوریت ۹۶/۰ است. مقایسه این بازه ها به وضوح نشان می دهد که مقادیر بی هنجاری Ce در نمونه های آرتزلیک نسبت به کوارتز مونوزیوریت یک روند افزایشی بسیار جزئی دارد. از اینرو، شاهدهی بر رخداد بی هنجاری مثبت Ce، جاییکه یکی از شاخصه های مهم و بسیار برجسته سامانه آرتزلیک بازماندی و یا منشاء جوی است در آستامال مشاهده می شود. بررسی های انجام شده نشان داده است که در طی تشکیل و توسعه سامانه های آرتزلیک توسط سیالات درونزاد HREE از هم تفریق حاصل می کنند. این در صورتی است که در سامانه های آرتزلیک با خاستگاه برنوزاد تفریقی در HREE صورت نمی گیرد.

در این مطالعه، بر اساس الگوی توزیع REE در نمونه های آرتزلیک مورد مطالعه (شکل ۲) تفریق بین HREE از هم "کاملاً" محرز است. این تفریقات به وضوح نقش مهم و اساسی فرایندهای درونزاد در توسعه و تکامل سامانه دگرسانی آرتزلیک آستامال را آشکار می سازند. بر اساس محاسبات انجام شده، مقادیر نسبت های (La/Yb)N و (LREE/HREE)N در نمونه های سامانه دگرسانی آرتزلیک منطقه آستامال، جاییکه به کندریت نورمالیزه شده اند، به ترتیب بازه تغییراتی از ۵۵/۴ تا ۳۹/۹ و ۲۰/۴ تا ۵۳/۵ را نشان می دهند. مقادیر نسبت های یاد شده در سنگ اولیه کوارتز مونوزیوریت به ترتیب ۶۹/۸ و ۰۸/۵ می باشد. مقایسه این نسبت های عنصری آشکار می کنند که مقادیر (La/Yb)N و (LREE/HREE)N در نمونه های سامانه دگرسانی نسبت به کوارتز مونوزیوریت هر دو روند افزایشی و کاهشی داشته و به عبارت بهتر تفریق بین LREE و HREE را در طی توسعه سامانه دگرسانی به طور واضح محرز است. معمولاً" تفریق لاتانیدها در طی توسعه فرایندهای دگرسانی تابعی از pH محیط می باشد. در pH های اسیدی، LREE و pH های قلیایی، HREE متحرک تر می شوند. از اینرو، روند کاهشی در نسبت های (La/Yb)N و (LREE/HREE)N در نمونه هایی از سامانه دگرسانی آرتزلیک مشاهده می شود که در نزدیکی گسل ها و معابر محلول های گرمایی (با ماهیت pH پایین) توسعه یافته اند. روند افزایشی در نسبت های (La/Yb)N و (LREE/HREE)N در نمونه هایی از سامانه دگرسانی آرتزلیک قابل تشخیص است که دورتر از محل گسل ها و معابر عبور محلول های گرمایی تشکیل شده اند. آنچه که مشخص است کاهش حرارت و افزایش pH سیالات دگرسان کننده (بواسطه گذر زمان) سبب ناپایدار شدن کمپلکس های حامل لاتانیدها و افزایش در نسبت های یاد شده گشته اند.



شکل ۲) الگوی تغییرات عناصر نادر خاکی نورمالیزه شده کندریت (Taylor and McLennan, 1985) در سامانه دگرسانی آرتزلیک (نمونه های AR1 تا AR10) سنگ کوارتز مونوزیوریت (QM1 منطقه آستامال).

### نتیجه گیری

مهمترین نتایج حاصل از این پژوهش عبارتند از:

- سامانه دگرسانی آرتزلیک منطقه آستامال از کانی-شناسی ساده-ای برخوردار بوده و به طور عمده از کوارتز و کانولینیت تشکیل شده است. فازهای فرعی این سامانه مشتمل بر ایلپیت، جاروسیت، همتایت، گوتیت و کلریت هستند.
- تغییرات در شیمی محلول-های مسئول دگرسانی (نظیر pH) اختلاف در درجه ناپایداری یون-های کمپلکس-ساز حامل لاتانیدها بیشترین نقش را در تفریق REE در سامانه دگرسانی آرتزلیک ایفا نموده-اند.
- آنومالی-های مثبت Ce تاثیرات محلول-های جوی بر روی سامانه دگرسانی آرتزلیک را نشان می-دهند.
- آنومالی-های منفی قوی Eu دلالت بر تخریب پلاژیوکلازهای سنگ کوارتز مونوزیوریت توسط سیالات دما بالا دارد.
- ناهمگنی سنگ اولیه و حضور فازهای کانیایی مقاوم در برابر دگرسانی نظیر زیرکن نقش اصلی را در بی-نظمی توزیع REE در سامانه دگرسانی مورد مطالعه دارند.
- وجود تغییرات شدید در میزان غنی-شدگی و تپی-شدگی Ce آشکار می-کند که تغییرات در پتانسیل اکسیداسیون- احیا نقش بسیار مهمی در تکوین سامانه دگرسانی آرتزلیک ایفا نموده-اند.

### واژه های

### کلیدی

ژئوشیمی، عناصر نادر خاکی، سامانه دگرسانی آرتزلیک، آستامال، ووزقان.

### مراجع

جمالی، ج.، یعقوب-پور، ع.، مهربانی، ب.، ۱۳۹۱. ارتباط کانی-سازی-های مس و طلا با فازهای مختلف ماگمایی در توده-های خاکندوی و یوسف-فرد، شرق اهر. مجله بلورشناسی و کانی-شناسی ایران، جلد ۲۰، شماره ۳، ص ۵۴۷-۵۴۲.  
Abedini, A., Rezaei Azizi, M., Dill, H.G., 2020. The tetrad effect in REE distribution patterns: A quantitative approach to genetic issues of argillic and propylitic alteration zones of epithermal Cu-Pb-Fe deposits related to andesitic magmatism (Khan Kandi District, NW Iran). Journal of Geochemical Exploration 212, 1–16.  
Baioumy, H., Farahat, M., Arifin, M. H., Anuar, M.N.A.B., Al-Kahtany, K., 2021. Hypogene kaolin deposits from felsic intrusive rocks (Peninsular Malaysia) with special reference to rare earth elements and stable isotopes geochemistry. Geosciences Journal 25, 863–876.  
Cravero, F., Dominguez, E., Iglesias, C., 2001. Genesis and applications of the Cerro Rubio kaolin deposit, Patagonia (Argentina). Applied Clay Science 18, 157–172.

## فاکتورهای کنترل کننده توزیع و تحرک عناصر اصلی و جزئی در طی تشکیل و توسعه سامانه دگرسانی: مثالی از منطقه آستامال، شمال غرب و رزقان، شمال غرب ایران

مهسا بالازاده\*<sup>۱</sup>، علی عابدینی<sup>۲</sup>، مریم خسروی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

mahsabalazadeh08@gmail.com

۲- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

a.abedini@urmia.ac.ir

۳- استادیار، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

maryamkhosravi22@gmail.com

### چکیده

در این پژوهش، فرآیند تبدیل سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریت به سامانه دگرسانی آرزلیک در منطقه آستامال، شمال غرب و رزقان، شمال غرب ایران، با استفاده از بررسی‌های میکروسکوپی و آنالیزهای XRD، XRF و ICP-MS مورد ارزیابی قرار گرفته است.

محاسبات تغییرات جرم عناصر با فرض عنصر آلومینیوم به عنوان عنصر ناظر کم-تحرک نشان می‌دهند که فرآیند تبدیل سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریتی به سامانه دگرسانی آرزلیک با شستشوی عناصری نظیر Si، Fe، Mg، Ca، Na، K، Ti، P، Sr، Ba، Hf، Pb، U، Y، Mo، Cr، شستشو- تثبیت عناصری مانند Zn و غنی‌شدگی عناصری چون Mn، Rb، Nb، Th، Sc، Cs، V و Ta همراه بوده است.

نتایج به دست آمده از بررسی‌های کانی‌شناسی و زمین‌شیمی تغییرات جرم نشان می‌دهند که عواملی نظیر تغییرات pH و Eh محلول‌های دگرسان کننده، جذب سطحی، تمرکز بازماندگی، ریش توسط اکسیدهای فلزی نظیر اکسیدهای منگنز، تغییر در نسبت آب به سنگ، کاهش درجه حرارت، میزان دسترسی به لیگاند‌های کمپلکس ساز، تفاوت در میزان شدت دگرسانی و تثبیت در فازهای کانیایی تازه تشکیل شده نقش مهمی در توزیع و تحرک عناصر اصلی و جزئی در سامانه دگرسانی آرزلیک منطقه آستامال ایفا نموده‌اند.

### مقدمه

منطقه آستامال در فاصله ۷۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان ورزقان، استان آذربایجان شرقی، شمال غرب ایران واقع می‌باشد. این منطقه به دلیل دارا بودن سیستم کانه‌زایی اسکارتنی و به احتمال فراوان پورفیری و همچنین پهنه‌های دگرسانی گسترده مورد توجه زمین‌شناسان مختلف بوده است.

در این پژوهش، فاکتورهای کنترل کننده توزیع و تحرک عناصر اصلی و جزئی در سامانه دگرسانی آرزلیک منطقه آستامال مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور، این پژوهش در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی صورت گرفته است. در بخش صحرایی پیمایش‌های متعددی به منظور شناسایی و نمونه برداری از رخنه‌های سامانه دگرسانی آرزلیک و سنگ‌های میزبان آنها (کوارتز مونوزودیوریت) صورت گرفت.

در بخش آزمایشگاهی تعداد ۱۰ مقطع نازک از نمونه‌های مربوط به سامانه دگرسانی آرزلیک و سنگ‌های میزبان آنها تهیه و توسط میکروسکوپ مورد مطالعه قرار گرفت.

به منظور شناسایی فازهای کانیایی نامشخص موجود در سامانه دگرسانی، تعداد ۶ نمونه به روش پراش پرتو ایکس (XRD) در شرکت کانساران بینالود مورد تجزیه قرار گرفت. مقادیر عناصر اصلی و جزئی در ۱۰ نمونه انتخابی از سامانه دگرسانی آرزلیک و ۱ نمونه انتخابی از کوارتز مونوزودیوریت به روش فلورسانس پرتو مجهول (XRF) و اسپکتروسکوپی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) توسط آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود تعیین گردیدند. مقادیر LOI نمونه‌ها در آزمایشگاه یاد شده بر اساس کاهش وزن یک گرم نمونه بعد از حرارت دادن در ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه تعیین شدند.

### بحث و بررسی

در منطقه آستامال، واقع در پهنه ساختاری البرز-آذربایجان، عملکرد فرایندهای گرمایی سبب تشکیل و توسعه پهنه‌های دگرسانی گسترده‌ای شده است. پهنه‌های دگرسانی توسعه یافته به طور عمده محصول واکنش سیالات گرمایی با سنگ‌های آندزیتی اوسن و سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریتی پلیوسن هستند. این پهنه‌ها مشتمل بر پهنه‌های آرزلیک، فیلیک، سیلیسی و پروپیلینیک می‌باشند. در بین آنها، سامانه دگرسانی آرزلیک گسترش بیشتری در منطقه داشته و به طور عمده در ارتباط با سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریت تشکیل شده است. در این سامانه، بعضاً "رگه و رگچه‌هایی از جنس سیلیسی مشاهده می‌شود که واجد کانی‌سازی‌های فلزی نظیر پیریت، کالکوپیریت، کوولیت، هماتیت و گوتیت هستند.

بر اساس آنالیزهای XRD انجام شده، سامانه دگرسانی آرزلیک از یک کانی‌شناسی ساده‌ای برخوردار است. این سامانه از کوارتز و کانولینیت به عنوان فازهای کانیایی اصلی تشکیل شده است. این دو فاز کانیایی اصلی توسط کانی‌هایی نظیر اپیت، جاروسیت، هماتیت، گوتیت و کلریت در مقادیر فرعی همراهی می‌شوند.

در این پژوهش، برای تخمین میزان تغییرات جرم عناصر اصلی و جزئی در طی آرزلیکی شدن سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریت پلیوسن از روش زمین‌شیمی عنصر کم تحرک (Nesbitt and Markovics, 1997) مطابق رابطه زیر استفاده گردید:

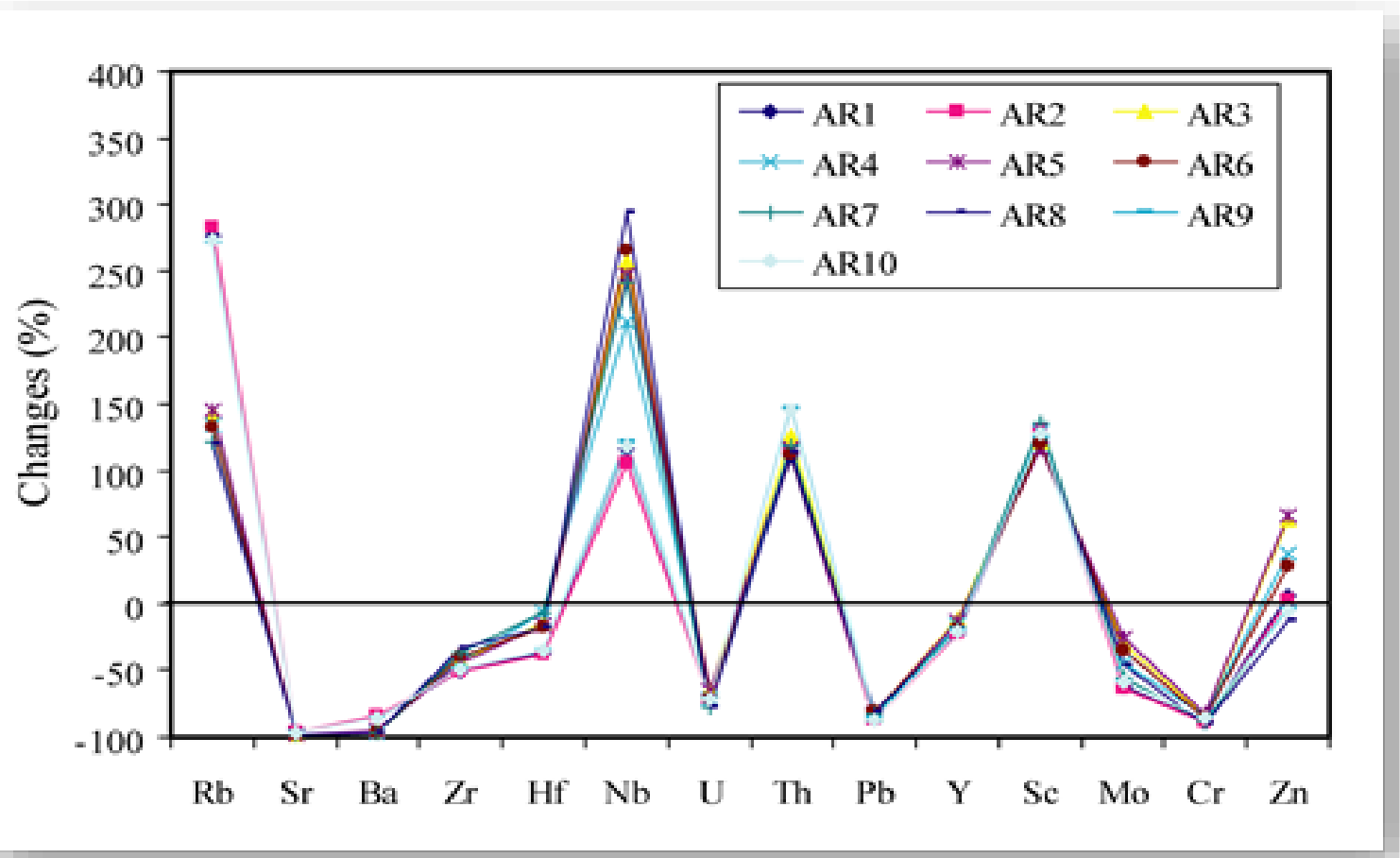
$$\%Change = \left[ \frac{(X/I)_{\text{Argillic sample}}}{(X/I)_{\text{Quartz monzodiorite}}} - 1 \right] \times 100$$

در این رابطه X ابه ترتیب مقدار عنصر مورد نظر برای محاسبه میزان تغییر جرم و مقدار عنصر شاخص کم-تحرک انتخاب شده می‌باشند. انتخاب عنصر شاخص کم تحرک نکته قابل تأمل محاسبات تغییرات جرم عناصر است. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که عناصری نظیر Al، Zr، Nb، Th، Ta، Sc، Ta، Y، Hf و Ti در طی فرایندهای آرزلیکی شدن سنگ‌های آذرین دارای کمترین درجه تحرک هستند

(Kadir and Erköyun, 2013; Abedini and Calagari, 2015, 2016)

Al به دلیل دامنه تغییرات کم نسبت Zr، Nb، Th، Ta، Sc، Ta، Y، Hf و Ti به عنوان عنصر شاخص کم تحرک انتخاب گردید. در این محاسبات، مقادیر مثبت و منفی به دست آمده به ترتیب نشان دهنده میزان کاهش و افزایش جرم عناصر اصلی و جزئی در طی توسعه سامانه دگرسانی آرزلیک منطقه آستامال می‌باشد.

نتایج حاصل از این محاسبات در شکل‌های ۱ و ۲ نمایش داده شده‌اند. بر اساس نتایج بدست آمده، فرآیند تبدیل سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریتی به سامانه دگرسانی آرزلیک با شستشوی عناصری نظیر Si، Fe، Mg، Ca، Na، K، P، Ti، Sr، Ba، Hf، Pb، U، Y، Mo، Cr، شستشو- تثبیت عناصری مانند Zn و غنی‌شدگی عناصری چون Mn، Rb، Nb، Th، Sc، Cs، V و Ta همراه شده است.



شکل ۲) الگوی تغییرات جرم عناصر جزئی در طی تکوین سامانه دگرسانی آرزلیک منطقه آستامال

### نتایج

مهمترین نتایج حاصل از بررسی‌های کانی‌شناسی و زمین‌شیمی سامانه دگرسانی آرزلیک منطقه آستامال عبارتند از:

- تهی‌شدگی Ti از پهنه دگرسانی آرزلیک دلایلی بر ماهیت درون‌زاد سیالات دگرسان کننده می‌باشد.
- رفتار غیر عادی برای عناصر جزئی نظیر Y و Zr به مانند Ti و P متناثر از اسیدیتته بالای سیالات مسئول دگرسانی، نسبت بالای آب به سنگ و فعالیت بالای یون‌های کمپلکس ساز در سیال می‌باشد.
- تخریب کانی‌های فرمونیزین در طی توسعه فرایندهای آرزلیکی شدن سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریت شرایط لازم برای شستشوی بخشی عناصری نظیر Cr را فراهم نموده است.
- شستشوی Fe در پهنه دگرسانی آرزلیک در ارتباط با اکسایش پیریت‌های سنگ‌های کوارتز مونوزودیوریتی و تولید اسید سولفوریک و سولفات فروی محلول است که سبب خروج نسبی Fe از این پهنه شده است.
- فرایندهای جذب سطحی توسط کانولینیت نقش موثری در تثبیت Rb و Cs در سامانه داشته‌اند.
- تمرکز بازماندگی به دلیل کاهش حجم سیستم عامل اصلی غنی‌شدگی ظاهری عناصری نظیر Ta، Sc، Th و Nb بوده است.

### واژه‌های کلیدی

تغییرات جرم، عناصر اصلی و جزئی، سامانه دگرسانی آرزلیک، آستامال، ورزقان.

### منابع

عمده‌ای در مکانیزم شکست سنگ یا مواد سنگ مانند ایفا می‌کند. در این پژوهش ۴ نوع سنگ آذرین از استان همدان شامل دو نوع سنگ دیوریت و گابرو مربوط به شهرستان چشمه قصابان و دو نوع سنگ گرانیت و گرانودیوریت مربوط به شهرستان سامن به صورت بلوک سنگی برداشت شد. در مرحله بعد از بلوک‌های سنگی جمع آوری شده، مغزه‌هایی با قطر NX تهیه شد. سپس مغزه‌ها جهت انجام آزمایشات فیزیکی شامل تخلخل، درصد رطوبت و وزن واحد حجم خشک و اشباع و همچنین آزمایش مکانیکی شامل مقاومت کششی برزیلی، برش داده شد.

### یافته‌ها

پس از انجام آزمایشات ذکر شده نتایج حاصل در نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ پیاده سازی شد و سپس روابط میان مقاومت کششی برزیلی با خصوصیات فیزیکی با استفاده از رگرسیون ساده و چندگانه تعیین گردید.

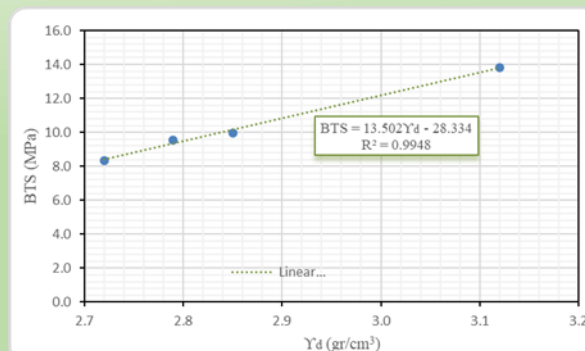
### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون ساده خطی نشان می‌دهد، وزن واحد حجم خشک و اشباع برای پیش بینی مقاومت کششی برزیلی مفید هستند. آنالیز رگرسیون ساده غیر خطی نیز نشان می‌دهد، تخلخل، درصد رطوبت و وزن واحد حجم خشک و اشباع برای تخمین مقاومت کششی برزیلی مفید هستند. همچنین آنالیز رگرسیون چندگانه نشان می‌دهد که تخلخل، درصد رطوبت و وزن واحد حجم خشک و اشباع به عنوان پارامترهای ورودی برای پیش بینی مقاومت کششی برزیلی مفید هستند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که مقاومت کششی برزیلی با تخلخل و درصد رطوبت رابطه معکوس دارد ولی با وزن واحد حجم خشک و اشباع رابطه مستقیم دارد.

برخی از روابط رگرسیونی ساده و چندگانه میان مقاومت کششی برزیلی و خصوصیات فیزیکی

روابط	R	R <sup>2</sup>	F	Sig
BTS = 0.174/n + 7.984	۰/۹۶۰	۰/۹۲۱	۲۳/۴۱۷	۰/۰۴
BTS = -1.462 ln(□) + 5.679	۰/۹۷۴	۰/۹۴۸	۳۶/۶۷۱	۰/۰۲
BTS = 13.502 Y <sub>d</sub> - 28.334	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	۳۸۵/۹۵۶	۰/۰۰
BTS = 13.546 Y <sub>sat</sub> - 28.628	۰/۹۹۲	۰/۹۸۵	۱۲۷/۹۸۹	۰/۰۰
BTS = -5.219 n + 11.928 Y <sub>d</sub> - 23.227	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۴۵۵۲/۹۱۱	۰/۰۱

BTS: مقاومت کششی برزیلی، n: درصد تخلخل، □: درصد رطوبت، Y<sub>d</sub>: وزن واحد حجم خشک، Y<sub>sat</sub>: وزن واحد حجم اشباع



رابطه خطی میان مقاومت کششی برزیلی و وزن واحد حجم خشک

### برخی از منابع

- 1- Fairhurst, C. (1961, March). Laboratory measurement of some physical properties of rock. In ARMA US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium (pp. ARMA-61). ARMA.
- 2- Hoek, E. (1964). Fracture of anisotropic rock. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 64(10), 501-518.
- 3- Townhill- Rewston p. (1984). In Towards a rotational scale of hardness for minerals (Edited by P.A. Dowd), pp. 22-27, Leeds University Mining Association.

## تأثیر خواص فیزیکی بر مقاومت کششی برزیلی نمونه‌های سنگ‌های آذرین استان همدان

حسن بحرانی<sup>۱\*</sup>، مجتبی حیدری<sup>۲</sup>، اشرف توکیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دوره زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

### چکیده

حداکثر تنش کششی که یک ماده می‌تواند تا رسیدن به مرحله گسیختگی تحمل نماید را مقاومت کششی گویند. همچنین خواص فیزیکی سنگ مانند تخلخل، درصد رطوبت و وزن واحد حجم به عنوان پارامترهای فیزیکی تأثیرگذار بر مقاومت سنگ از اهمیت زیادی برخوردار است.

**واژه‌های کلیدی:** مقاومت کششی برزیلی، خواص فیزیکی، سنگ‌های آذرین، رگرسیون ساده، رگرسیون چندگانه

### مقدمه

اطلاع از رفتار کششی و میزان مقاومت کششی سنگ‌ها، در تحلیل پایداری سقف و کف فضاهای زیرزمینی، بررسی پایداری سنگ‌ها در زون‌های کششی و همچنین حفاری و آتشیاری از اهمیت بسیاری برخوردار است. به طور کلی یکی از پیش شرط‌های مهم موفقیت در طراحی معادن، تونل‌ها، شیروانی‌ها و کنترل موثر لایه‌ها و طبقات زمین، آگاهی از مقاومت کششی سنگ‌ها می‌باشد. سنگ‌ها و به طور کلی تمامی مواد شکننده، ذاتاً در کشش بسیار ضعیف‌تر از فشار عمل می‌کنند. بدین ترتیب علت وقوع اکثر گسیختگی‌ها و ریزش‌ها در معادن، تونل‌ها و مغارها، ایجاد تنش‌های کششی در آن‌ها می‌باشد. به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است که مقاومت کششی نقش

## شناسایی کانی های سیلیکات دارای آهن و منیزیم با استفاده از سنجش از دور در مهاباد آذربایجان غربی

دکتر خلیل رضایی<sup>۱</sup>، فاطمه بهارلو<sup>۲\*</sup>

چکیده

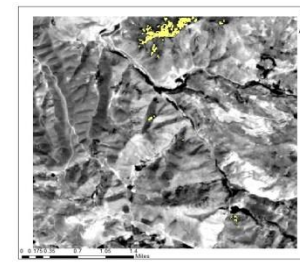
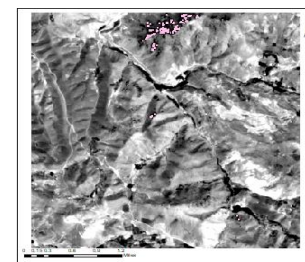
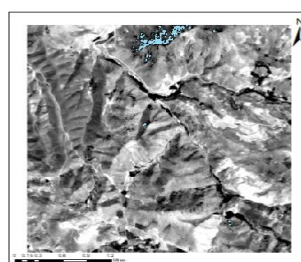
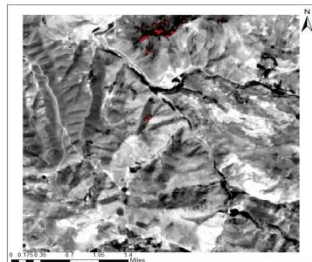
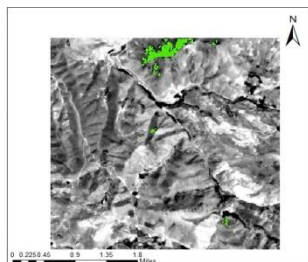
شناسایی کانی های آهن و منیزیم یکی از مسائل مهم در سنجش از دور و زمین شناسی محسوب می شود. در این تحقیق از الگوریتم طبقه بندی SAM که از کتابخانه طیفی USGS به عنوان داده آموزشی استفاده میشود

زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه دارای مختصات  $36^{\circ}43'12.07''N$  و  $45^{\circ}45'24.05''E$  مهاباد واقع در آذربایجان غربی می باشد و در شمال باختری ایران قرار دارد. ولی با توجه با تقسیمات رسوبی این منطقه را بخشی از کمربند دگرگونی افیولیتی سنندج سیرجان دانسته اند. کهن ترین سنگهای رخمون یافته در منطقه، شامل مجموعه هایی از ریولیت و فیلیت، آمفیبولیت، و گنیس به همراه سنگهای ولکانیکی اسیدی سازند کهر می باشند

نقشه برداری از راه دور مواد معدنی شامل مناطق مرئی مادون قرمز نزدیک (VNIR)، مادون قرمز موج کوتاه (SWIR)، مادون قرمز میانی (MIR)، مادون قرمز حرارتی (TIR) و مناطق موج ماکروویو است. مناطق موج فرابنفش (UV) و مادون قرمز دور (TIR) در دسترس نیستند [2].

شناسایی و تفکیک آهن و منیزیم با بررسی کانی های سیلیکات تیره مانند آمفیبول، پیروکسن، الیوین، تالک و سرپانتین انجام شد. توانایی بالای الگوریتم SAM بر روی داده های چند طیفی طبقه بندی و نقشه پراکندگی کانی ها را نشان می دهد.



مهم ترین نتایج مطالعه روی تصاویر ASTER

عبارتند از:

- داده های ASTER به دلیل ترکیب باند مناسب، توانایی بیشتری نسبت به داده های LANDSAT برای تشخیص کانی های رسی دارند.

- در سنجش از دور، کل طیف در هر نقطه بدست می آید، بنابراین نیازی به دانش قبلی از نمونه نیست. پس از پردازش مجموعه داده ها تمام اطلاعات ممکن در مورد نمونه ها را نشان میدهد.

1. Elaaraj, Abdallah, et al. "Remote Sensing Data for Geological Mapping in the Saka Region in Northeast Morocco: An Integrated Approach." *Sustainability* 14.22 (2022): 15349.
2. Rajendran, Sankaran, Sobhi Nasir, and Khalifa Al Jabri. "Mapping and accuracy assessment of siltation of recharge dams using remote sensing technique." *Scientific Reports* 10.1 (2020): 10364.
3. Zimmermann, Robert, et al. "Remote sensing exploration of Nb-Ta-LREE-enriched carbonatite (Epembe/Namibia)." *Remote Sensing* 8.8 (2016): 620.
4. Detection of chromite bearing mineralized zones in Abdasht ophiolite complex using ASTER and ETM+ remote sensing data
5. Determination of lithological differences and hydrothermal alteration areas by remote sensing studies: Kısacık (Ayvıcık-Gözlüköy Basin, Biga Peninsula, Turkey)